МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

М. Д. ГАНЗБУРГ

МИКШЕРЫ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 687

М. Д. ГАНЗБУРГ

МИКШЕРЫ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1968

6Ф2.7
Г19
УДК 681.84.087.37

М. Д. Ганзбург

Г19 Микшеры, М., «Энергия», 1968.
48 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека, вып. 687)

Описаны принцип действия, устройство и эксплуатация микшерских пультов, предназначенных для производства комбинированных записей или воспроизведения сложной программы от нескольких источников звукового напряжения.

Брошюра рассчитана на радиолюбителей-конструкторов, занимающихся магнитной записью звука и кинолюбителей, знакомых с основами радиотехники.

3-4-5
372-68 6Ф2.7

ГАНЗБУРГ МАРК ДАВИДОВИЧ

МИКШЕРЫ

Редактор *И. Г. Кудрин*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*
Технический редактор *Т. Г. Усачёва*
Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 8/X 1968 г. Подписано к печати 16/XII 1968 г. Т 17431
Формат 84×108[1]/32 Бумага типографская № 1 Усл. печ. л. 2,52 Уч.-изд. л. 3,32
Тираж 100 000 экз. Цена 15 коп. Заказ 1358

Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10

Чеховский полиграфкомбинат Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР,
г. Чехов, Московской области

ВВЕДЕНИЕ

Не знаю, приходилось ли Вам слышать в записи свой голос, поющий дуэтом с... Эдуардом Хилем? А мне приходилось. Думаете невозможно? Возможно. И Вы также сможете участвовать в таком дуэте, если сделаете комбинированную запись. А как ее сделать и с помощью каких устройств, Вы узнаете, прочитав эту брошюру.

Любители магнитной записи и кинолюбители, озвучивающие свои кинофильмы, довольно часто используют комбинированную запись звука с наложением. Сделать такую запись в домашних условиях очень легко. Для этого достаточно дважды произвести запись на одну и ту же часть магнитной ленты, выключив во время второй записи стирающую магнитную головку. Некоторые отечественные магнитофоны («Комета-201», «Днепр-11» и др.) имеют специальные выключатели стирающей магнитной головки для производства трюковых записей с наложением.

Однако такой способ комбинированной записи с наложением имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что при производстве второй (основной или накладываемой) записи первая (фоновая) запись ослабляется под влиянием тока подмагничивания универсальной магнитной головки при повторной записи. Но это не единственный недостаток такого метода комбинированной записи звука. Так, моменты включения и выключения стирающей магнитной головки могут прослушиваться затем как щелчки, и поэтому нельзя часто пользоваться выключателем стирающей магнитной головки. Помимо этого, такой метод производства комбинированных записей с наложением не позволяет плавно и одновременно изменять уровни основной и фоновой записей, а также контролировать окончательный результат — комбинированную запись звука, если в магнитофоне нет раздельных трактов воспроизведения и записи.

От этих недостатков свободен способ производства комбинированных записей звука с помощью микшерского пульта — устройства, позволяющего регулировать уровни напряжений звуковой частоты и смешивать их между собой в различных соотношениях. Микшерский пульт, включаемый между источниками звукового напряжения и магнитофоном (рис. 1), позволяет регулировать уровень сигнала от каждого источника в отдельности, а иногда и уровень суммарного (смешанного) сигнала. В этом заключается основное достоинство рекомендуемого способа.

Комбинированная запись звука с помощью микшерского пульта дает широкие возможности для получения самых сложных фонограмм, но вместе с тем и требует творческого подхода, умения выбирать правильное соотношение между уровнями отдельных источ-

ников звукового напряжения. Этого можно достигнуть, проведя ряд опытных записей и разнообразных проб. Чтобы показать читателям возможности микшерского пульта, изобразим графически несколько вариантов получения различных соотношений уровней при одновременной записи речи и музыки (рис. 2). Заранее оговоримся, что эти примеры с двумя различными источниками звукового

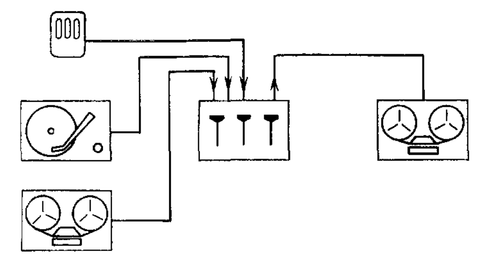


Рис. 1. Блок-схема подключения источников звукового напряжения и магнитофона к микшерскому пульту.

напряжения — наиболее простые, но они чаще других встречаются в практике радио- и кинолюбителей и, кроме того, очень наглядны.

На рис. 2, *а* показан случай, когда речь и музыка записаны с одинаковым и неизменным уровнем громкости. При этом речь маскируется музыкой и становится неразборчивой. Такой записи следует избегать. Однако она допустима в некоторых случаях комбинированной записи музыки с наложением.

Случай, показанный на рис. 2, б, иллюстрирует комбинированную запись речи и музыки, когда музыка записана значительно слабее речи, но средние уровни их громкости неизменны в процессе всей записи. Здесь основным элементом записи является речь (дикторский текст), а музыка — фоном, при этом запись речи получается внятной и разборчивой. Этот случай наиболее распространен среди кинолюбителей при озвучении видовых и хроникальных кинофильмов, когда на предварительно сделанную запись музыки «накладывают» дикторский текст.

На рис. 2, *в* и *г* показаны случаи, когда музыка во время пауз речи слышна с тем же уровнем громкости, что и речь, а во время звучания речи уровень громкости музыки ослабляется. Однако в первом случае (рис. 2, *в*) резкое изменение уровня записи музыки неприятно действует на слух. Наоборот, плавные изменения уровня громкости музыки (рис. 2, *г*) более приятны для слуха, создают естественность звучания комбинированной записи. На рис. 2, *д* показан плавный переход от одного источника звучания к другому, когда первый сигнал постепенно затихает, а звучание другого, наоборот, возрастает от минимума до полной громкости.

И, наконец, еще один вариант (рис. 2, *е*) иллюстрирует случай, когда звучание одного источника от полной громкости постепенно

сводится к минимуму и только после этого звучание другого постепенно возрастает от минимума до полной громкости.

Приведенные примеры, конечно, не исчерпывают всех возможностей получения комбинированных записей с помощью микшерского пульта. А сделать трюковую стереофоническую запись с перемещением источника звукового напряжения из одного канала в другой без использования перемещающихся источников звукового напряжения возможно только с помощью микшерского пульта. Конечно, для производства очень сложных комбинированных записей, в состав которых входили бы речь, музыка и шумовое оформление,

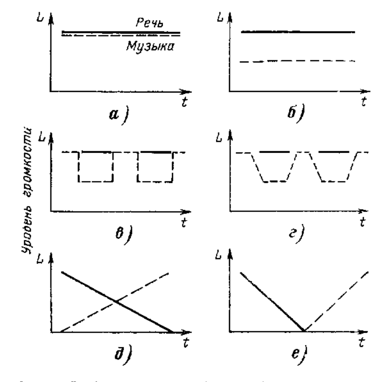


Рис. 2. Графики соотношений уровней сигналов двух источников звукового напряжения, которые могут быть получены с помощью монофонического микшерского пульта.

нужен микшерский пульт с большим числом входов, т. е. рассчитанный на одновременное подключение большого числа источников звукового напряжения. Более сложную комбинированную запись можно получить и с простым микшерским пультом путем последовательной перезаписи фонограмм, но этот способ очень трудоемок, требует определенных навыков и не всегда дает хорошие результаты, так как не позволяет все время контролировать окончательный результат. Кроме того, многократная перезапись ухудшает качество первоначальной записи. Более подробно о работе с микшерским пультом и производстве комбинированных записей будет рассказано в соответствующей главе.

Микшерские пульты в зависимости от их схемы разделяют на пассивные и активные. Пассивные микшерские пульты могут только ослаблять уровень сигнала от источника звукового напряжения. Они наиболее просты по схеме, не требуют дефицитных деталей,

имеют небольшие размеры и могут быть изготовлены даже малоквалифицированными радиолюбителями. Пассивные микшерские пульты подключают обычно к наиболее чувствительному входу магнитофона или усилителя (например, к микрофонному входу), поэтому они требуют тщательного экранирования.

В схему активного микшерского пульта вводят усилитель (или усилители) звукового напряжения. Благодаря этому активные микшерские пульты позволяют не только изменять соотношение уровней сигнала от различных источников звукового напряжения, но и могут повышать уровень сигнала одного или нескольких источников звукового напряжения, а иногда и суммарный уровень до порога чувствительности входа магнитофона или усилителя, к которому он должен быть подключен. В отдельных случаях с помощью такого микшерского пульта можно корректировать частотную характеристику источника звукового напряжения.

Несмотря на то, что основное назначение микшерских пультов — производство комбинированных записей, их можно с успехом использовать для звукового сопровождения любительских видовых, хроникальных и игровых кинофильмов, а также в случаях, когда необходимо записать одновременно сигналы двух или нескольких источников звукового напряжения или создать какие-либо звуковые эффекты. Наличие микшерского пульта позволит любителям звукозаписи как бы создать у себя дома свою студию и тем повысить качество записываемых программ.

ПРОСТЕЙШИЕ МИКШЕРСКИЕ ПУЛЬТЫ

Простейшими являются пассивные микшерские пульты. Они, как правило, состоят из переменных резисторов, регулирующих уровень сигнала от источников звукового напряжения, и дополнительных постоянных резисторов. Чтобы понять принцип действия и построение пассивных микшерских пультов, разберем работу схемы, показанной на рис. 3.

Рис. 3. Простейшая схема пассивного микшерского пульта.

Этот микшерский пульт рассчитан на работу от двух источников звукового напряжения, подключаемых к входным зажимам Bx_1 и Bx_2. Параллельно входным зажимам включены переменные резисторы $R_{п1}$ и $R_{п2}$. Когда движки этих переменных резисторов находятся в каком-либо среднем положении, образуется делитель напряжения, и к выходным зажимам микшерского пульта будет подводиться только часть входного напряжения. Следовательно, при перемещении движков переменных резисторов из верхнего (по схеме) положения в нижнее выходное напряжение будет изменяться от максимального до минимального, чем и осуществляется плавное регулирование уровня входного сигнала. Так как переменные резисторы имеют раздельные ручки управления, то можно изменять уровень сигнала от одного источника звукового напряжения по отношению к уровню сигнала другого источника.

Допустим, что ко входу Bx_1 подключен электродинамический микрофон, например, типа МД-47, а ко входу Bx_2 — магнитофон.

Микрофон развивает на нагрузочном резисторе в 0,5 *Мом* напряжение 1,5 *мв* при звуковом давлении 0,1 *н/м²* (1 *бар*). Магнитофон подключают к микшерскому пульту через гнезда линейного выхода, внутреннее сопротивление которого обычно бывает около 15 *ком*, а выходное напряжение — не менее 250 *мв*. Если принять во внимание, что нормальный человеческий голос на расстоянии 0,5 *м* от микрофона развивает звуковое давление около 0,2 *н/м²*, а входное сопротивление микшера, к которому должен быть подключен магнитофон, должно быть в 10—15 раз больше сопротивления линейного выхода, то исходными данными для расчета и построения пассивного микшерского пульта будут следующие:

напряжение на входе Bx_1 3 *мв* при входном сопротивлении 0,5 *Мом;*

напряжение на входе Bx_2 250 *мв* при входном сопротивлении не менее 150 *ком*.

Таким образом, если параллельно входным зажимам включить переменные резисторы $R_{п1}$ и $R_{п2}$ с соответствующей величиной сопротивления, а подвижные контакты этих переменных резисторов соединить между собой и к ним подключить, например, входные гнезда магнитофона, то, передвигая подвижные контакты переменных резисторов, можно будет регулировать уровни сигналов от микрофона и магнитофона и, смешивая их, подавать на вход другого магнитофона для записи. Однако пользоваться таким микшерским пультом будет практически невозможно, и вот почему. Ранее было сказано, что пассивный микшерский пульт только ослабляет сигнал от источника звукового напряжения и должен быть подключен к наиболее чувствительному входу магнитофона или усилителя. Таким обычно бывает вход для подключения микрофона, рассчитанный на входное напряжение около 3 *мв* (для сетевых устройств). Один из входов микшерского пульта (Bx_1) рассчитан на такое же напряжение, а другой вход (Bx_2) — на напряжение почти в 100 раз большее. Следовательно, для того чтобы сигналы от обоих источников звукового напряжения были на выходе микшерского пульта примерно равны, второй сигнал (от магнитофона) нужно ослабить почти в 100 раз, т. е. соотношение плеч делителя напряжения, образуемого между движком переменного резистора и его крайними выводами, должно быть не более 1:100. Отсюда следует, что при таком построении микшерского пульта переменный резистор $R_{п2}$ должен будет работать только на участке, сопротивление которого не превышает 0,01 полного значения сопротивления резистора. А это невозможно, так как такой участок составляет всего 2—3° поворота оси переменного резистора и практически изменять уровень сигнала от магнитофона будет нельзя. Увеличение же напряжения на выходе микшерского пульта нарушит соотношение между сигналами от обоих источников звукового напряжения и, как следствие, вызовет увеличение нелинейных искажений усилителя из-за перегрузки.

Чтобы избежать этого, необходимо последовательно с переменным резистором $R_{п2}$ включить дополнительный резистор $R_д$. Суммарное сопротивление переменного и дополнительного резисторов должно быть равно сопротивлению нагрузки для данного входа, отношение сопротивлений переменного и дополнительного резисторов должно быть порядка 1:100. Следовательно, чтобы выполнить заданные условия, сопротивление резистора $R_д$ должно быть 150 *ком*, а сопротивление переменного резистора $R_{п2}$ — 1,5 *ком*. Переменный

резистор $R_{п1}$ можно взять равным сопротивлению нагрузки, т. е. 0,47 *Мом*. В этом случае уровни сигналов от источников звукового напряжения, подключенных к входным зажимам Bx_1 и Bx_2, будут регулироваться во всем диапазоне изменения сопротивления переменных резисторов $R_{п1}$ и $R_{п2}$ и изменение уровней сигналов будет значительно плавнее.

Итак, мы выяснили, что в случае подключения к микшерскому пульту двух источников звукового напряжения, имеющих различные уровни сигналов, ко входу, рассчитанному на больший уровень сигнала, должен быть подключен делитель напряжения, для того чтобы уровни сигналов обоих источников звукового напряжения на выходе микшерского пульта были примерно одинаковы.

В наших рассуждениях мы допустили, что подвижные контакты обоих переменных резисторов соединены между собой. Принципиально это возможно, но на практике так делать нельзя, ибо при этом наблюдается взаимное влияние одного регулятора на другой. Действительно, когда движки переменных резисторов соединены между собой, то они в части своего сопротивления оказываются включенными параллельно. А так как мы выбрали переменные резисторы различными по сопротивлению, то при соединении движков сопротивление нагрузки для входа Bx_1 уменьшится и будет зависеть от положения движка переменного резистора $R_{п2}$. Так как уменьшение сопротивления нагрузки уменьшает и уровень сигнала от источника звукового напряжения, то такое соединение движков неприемлемо. Даже и при одинаковых сопротивлениях переменных резисторов $R_{п1}$ и $R_{п2}$ перемещение движка одного из регуляторов будет сильно изменять уровень сигнала с другого входа. Чтобы исключить влияние положения движка одного переменного резистора на сопротивление другого, в схему микшерского пульта необходимо ввести разделительные резисторы $R_р$ по одному для каждого регулятора.

Здесь следует указать, что величина разделительных резисторов играет значительную роль. При очень большом сопротивлении резисторов взаимное влияние регуляторов почти полностью исключается, но одновременно значительно ослабляются уровни сигналов на выходе пульта. При малой величине разделительных резисторов уменьшение сигналов может быть небольшим, но наблюдается взаимное влияние регуляторов и, кроме того, изменение входного сопротивления такого пассивного пульта при перемещении движков регуляторов, что для некоторых источников сигнала (например, пьезоэлектрического звукоснимателя) означает не только изменение отдачи, но и нежелательное изменение частотной характеристики. Поэтому на практике приходится находить компромиссное решение с учетом всех перечисленных факторов. Так, если рассматриваемый пульт подключить ко входу магнитофона или усилителя с входным сопротивлением 0,5 *Мом*, то целесообразно выбрать величину разделительных резисторов также около 0,5 *Мом*. При таком согласованном включении уровень сигнала на выходе уменьшится в $n+1$ раз, где n — число входов микшерского пульта. Однако в нашей схеме можно выбрать и меньшее значение сопротивления разделительных резисторов (до 100—200 *ком*): изменение нагрузки микрофона при регулировке в этом случае можно считать допустимым.

Итак, определив сопротивления резисторов рассматриваемой нами схемы микшерского пульта, подведем некоторые итоги. Наш микшерский пульт рассчитан на работу от двух источников звукового напряжения (имеет два входа). Следовательно, напряжение на

выходе микшерского пульта при крайних (по схеме — верхних) положениях движков переменных резисторов $R_п$ будет почти в 3 раза меньше, чем напряжение на самом чувствительном входе микшерского пульта (в нашем случае — входе Bx_1 для подключения микрофона). Но и такого напряжения (около 1 *мв*) в большинстве случаев оказывается достаточно для нормальной работы установки, к которой подключен микшерский пульт. Объясняется это тем, что, во-первых, магнитофон или усилитель, как правило, имеет запас по усилению и этот запас мы в данном случае используем. Во-вторых, на практике чувствительность микрофона всегда бывает несколько большей, чем оговорено в паспортных данных, а повысить напряжение от источника звука, подключенного ко входу Bx_2, можно простым увеличением сопротивления переменного резистора $R_{п2}$ или, что менее желательно, уменьшением сопротивления резистора $R_д$. Зато пассивный микшерский пульт получился простым по схеме и конструкции, для его изготовления требуется всего несколько деталей и, что самое главное, он не вносит нелинейных искажений.

Познакомившись с принципом построения микшерского пульта и его работой, перейдем к рассмотрению практических схем пассивных микшерских пультов.

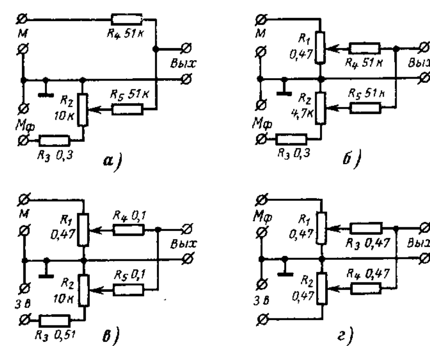


Рис. 4. Схемы пассивных микшерских пультов, рассчитанные на подключение двух источников звукового напряжения.

Микшерские пульты с двумя входами являются наиболее простыми как по схеме, так и по конструкции. Они широко применяются любителями магнитной записи и кинолюбителями из-за простоты изготовления и работы с ними.

На рис. 4 приведены практические схемы микшерских пультов на два входа. Наиболее простой из них (рис. 4, *а*) рассчитан на подключение микрофона *М* и магнитофона *Мф*, причем уровень громкости сигнала от микрофона здесь регулируется не микшерским

пультом, а регулятором уровня последующего (второго) магнитофона или регулятором громкости усилителя. Поэтому микшерский пульт имеет только один переменный резистор R_2, регулирующий уровень сигнала от магнитофона. Сопротивление этого переменного резистора выбрано несколько больше рассчитанного выше значения. Это сделано для того, чтобы уровень сигнала от магнитофона был большим, так как он потом ослабляется регулятором второго магнитофона или усилителя. С помощью такого микшерского пульта можно производить записи или усиление программ с соотношением уровней, показанным на рис. 2, *а—г*. Для работы с таким микшерским пультом можно использовать любой электродинамический микрофон для любительской записи звука с повышающим трансформатором, например типов МД-41, МД-47, МД-64 и др., которые обычно входят в комплект сетевого магнитофона. Микрофоны без повышающего трансформатора использовать с этим микшерским пультом нельзя.

Схема другого микшерского пульта, рассчитанного на подключение тех же источников звукового напряжения, показана на рис. 4, *б*. Эта схема отличается от первой лишь тем, что в нее введен переменный резистор R_1, регулирующий уровень сигнала от микрофона. При этом расширяются возможности производства разнообразных записей и допускается любое из соотношений уровней, показанных на рис. 2.

Микшерский пульт, схема которого приведена на рис. 4, *в*, отличается от предыдущего источником звукового напряжения. К этому микшерскому пульту вместо магнитофона может быть подключен звукосниматель *Зв*. Это потребовало изменения величин элементов, относящихся к входу для звукоснимателя. Здесь, однако, следует отметить, что к входу для звукоснимателя можно подключить и магнитофон, так как сопротивление этого входа выше требуемого, и ослабления сигнала на нагрузочном сопротивлении не произойдет.

Последний микшерский пульт (рис. 4, *г*) более прост по схеме, так как он рассчитан на работу от магнитофона и звукоснимателя. Оба эти источника развивают примерно одинаковое напряжение звуковой частоты на нагрузочном резисторе. Поэтому оказалось возможным построить микшерский пульт без добавочных резисторов.

Микшерские пульты с тремя входами наиболее популярны и получили самое широкое распространение. Хотя уровень полезного сигнала на выходе такого микшерского пульта еще более ослаблен, его часто используют любители магнитной записи и кинолюбители, так как он еще более расширяет творческие возможности оператора.

На рис. 5 приведены практические схемы пассивных микшерских пультов, каждая из которых рассчитана на подключение трех источников звукового напряжения. Наиболее простая из них показана на рис. 5, *а*. К микшерскому пульту, собранному по этой схеме, можно подключить одновременно звукосниматель *Зв* и два магнитофона *Мф*. Уровень сигнала от звукоснимателя регулируют переменным резистором R_1, а уровни сигналов от магнитофонов — переменными резисторами R_2 и R_3. Так как уровни сигналов от всех трех источников звукового напряжения примерно равны, в схеме отсутствуют добавочные резисторы.

Схема микшерского пульта, показанная на рис. 5, *б*, рассчитана на одновременное подключение трех различных источников звукового напряжения: микрофона *М*, звукоснимателя *Зв* и магнитофона *Мф*. Уровень сигналов от этих источников звукового напряжения регулируют переменными резисторами R_1, R_3 и R_5.

Последняя схема (рис. 5, *в*), как и первая, рассчитана на одновременное подключение двух одинаковых источников звукового напряжения (двух микрофонов M_1 и M_2). Третий вход предназначен для подключения магнитофона *Мф*.

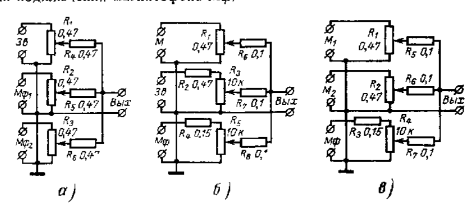


Рис. 5. Схемы пассивных микшерских пультов для получения сложной фонограммы от трех источников звукового напряжения.

Микшерские пульты с двумя и тремя входами могут работать только с микрофонами, имеющими повышающий трансформатор.

Микшерский пульт с четырьмя входами в радиолюбительской практике встречается довольно редко, хотя такой пульт может быть весьма полезным, особенно для магнитной записи звука. Действительно, такой микшерский пульт, будучи все время подключенным с одной стороны к четырем источникам звукового напряжения, а с другой — к магнитофону, позволяет держать магнитофон в постоянной готовности к записи от любого из четырех или нескольких источников звукового напряжения одновременно. Следует, однако, учитывать, что такой микшерский пульт значительно ослабляет уровень сигнала от источников звукового напряжения и его можно использовать только с магнитофоном, имеющим достаточный запас по усилению для обеспечения в этом случае нормального уровня намагниченности магнитной ленты при записи.

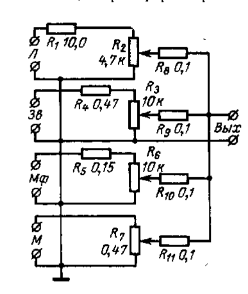


Рис. 6. Схема пассивного микшерского пульта для смешивания сигналов от четырех источников звукового напряжения.

Схема микшерского пульта, к которому одновременно могут быть подключены микрофон *М*, магнитофон *Мф*, звукосниматель *Зв* и радиотрансляционная линия *Л*, приведена на рис. 6. Уровень сигнала для каждого из этих источников звукового напряжения можно регулировать соответствующим переменным резистором.

В некоторых случаях может потребоваться подключить к микшерскому пульту радиовещательный или телевизионный приемник. Если эти приемники имеют специальные гнезда для подключения магнитофона, то их можно подключить к микшерскому пульту через гнезда *Мф*, предназначенные для подключения магнитофона, или через гнезда *Зв*, предназначенные для подключения звукоснимателя. Не следует чрезмерно увеличивать число входов пассивного микшерского пульта, так как это приведет к значительному ослаблению уровня сигнала от источников звукового напряжения и не позволит без дополнительного усиления сигнала производить запись с максимальным намагничиванием магнитной ленты. Если же такой микшерский пульт будет работать с усилителем, который обладает достаточной чувствительностью, то число входов можно увеличить. Однако решать этот вопрос должен сам радиолюбитель.

Как и в предыдущих случаях, к рассмотренному нами микшерскому пульту может быть подключен только электродинамический микрофон с повышающим трансформатором.

МИКШЕРСКИЕ ПУЛЬТЫ С УСИЛИТЕЛЕМ

Активными называют микшерские пульты, в состав которых входят усилители, повышающие уровень сигнала от одного или нескольких источников звукового напряжения до уровня других источников звукового напряжения или до порога чувствительности магнитофона или усилителя, совместно с которым должен работать микшерский пульт. В большинстве случаев активные микшерские пульты рассчитаны на выходное напряжение около 250 *мв*. Объясняется это тем, что многие устройства (радиовещательные и телевизионные приемники, магнитофоны, радиограммофоны и др.), рассчитанные на подключение к ним звукоснимателя, имеют такую чувствительность усилителя низкой частоты, причем его входное сопротивление (гнезда «звукосниматель») обычно бывает около 0,5 *Мом*. Это обстоятельство позволяет довольно хорошо согласовать выход микшерского пульта со входом магнитофона или усилителя, но требует достаточного коэффициента усиления усилителя микшерского пульта. Следует, однако, отметить, что последние модели приемников, телевизоров и магнитофонов имеют дополнительные специальные гнезда: первые — для подключения к ним магнитофона, а магнитофон — для записи от приемника или телевизора. Входное сопротивление этих гнезд магнитофона 10—25 *ком*, что делает их очень удобными для соединения с микшерским пультом, так как при столь низком входном сопротивлении можно не бояться наводок, а длина соединительного шнура может доходить до 2—5 *м*. Кроме того, чувствительность входа магнитофона для подключения радиоприемника или телевизора бывает около 10—50 *мв*. Следовательно, используя эти гнезда, можно уменьшить коэффициент усиления усилителя микшерского пульта и тем упростить его схему и конструкцию.

Принципы построения пассивных и активных микшерских пультов примерно одинаковы. Однако усилитель активного микшерского пульта вносит нелинейные искажения, которые сильно сказываются в том случае, когда усилитель неправильно рассчитан или плохо налажен, а также тогда, когда он работает с перегрузкой или его вход и выход не согласованы с источником звукового напряжения или

усилителем, совместно с которыми он должен работать. Нелинейные искажения могут возникнуть и в том случае, когда напряжение источника питания снизится больше допустимого. Если все эти факторы учесть своевременно и не допускать перегрузки усилителя, нелинейные искажения будут весьма небольшими и ими практически можно пренебречь.

Микшерский пульт с двумя входами можно собрать по одной из схем (рис. 7). В двух первых схемах усилитель *У* усиливает напряжение, подводимое к микшерскому пульту от микрофона *М*, и делает это напряжение соизмеримым с напряжением другого источника, в данном случае звукоснимателя *Зв*.

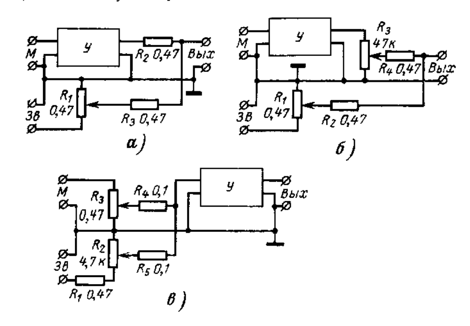


Рис. 7. Схемы микшерских пультов с усилителем для работы от двух источников звукового напряжения

В схеме рис. 7, *а* напряжение от микрофона постоянно и не регулируется микшерским пультом. Выходное напряжение от звукоснимателя можно изменять переменным резистором R_1. Общий уровень звукового напряжения в этой схеме устанавливают регулятором уровня записи магнитофона или регулятором громкости усилителя. Чтобы устранить влияние одного источника звукового напряжения на уровень сигнала другого источника, в схему микшерского пульта введены разделительные резисторы R_2 и R_3.

Микшерский пульт, схема которого приведена на рис. 7, *б*, имеет самостоятельные регуляторы уровня сигнала для каждого источника звукового напряжения. Такой микшерский пульт дает большие творческие возможности оператору, позволяя подбирать наиболее благоприятные для характера передачи уровни сигналов от каждого источника звукового напряжения в отдельности.

На рис. 7, *в* показана схема микшерского пульта, отличающаяся от остальных тем, что здесь усилитель *У* повышает уровень сигнала не одного какого-либо источника звукового напряжения, а суммарный уровень сигнала от обоих источников звукового напряжения. Это, по сути дела, пассивный микшерский пульт с усилителем.

При работе с микшерским пультом, в состав которого входит усилитель низкой частоты, целесообразно использовать электродинамический микрофон. Его тип выбирают в зависимости от схемы микшерского пульта, типа записываемой программы (речь, музыка) и от требуемого качества записи. Если зажимы для микрофона соединены непосредственно с усилителем (рис. 7, *а, б*), то можно применять микрофон без повышающего трансформатора (низкоомный), например типов МД-44, МД-45 и др. Когда же усилитель микшерского пульта используется для повышения уровня суммарного сигнала, желательно применять микрофон с повышающим трансформатором (высокоомный), например типов МД-41, МД-47, МД-64 и др. В этом случае требуется усилитель с высоким входным сопротивлением. Этим же принципом выбора типа микрофона следует руководствоваться и при использовании более сложных микшерских пультов, описание которых приведено далее.

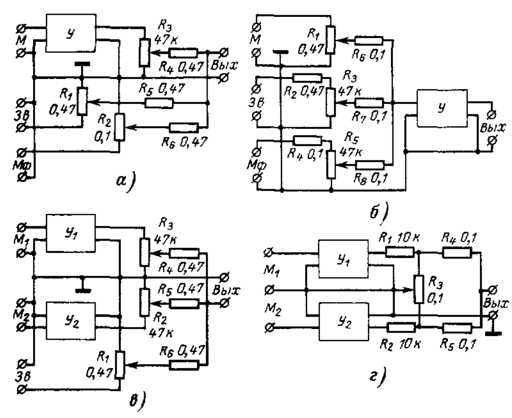


Рис. 8. Схемы микшерских пультов с усилителями, рассчитанные на подключение трех источников звукового напряжения.

Микшерские пульты с тремя входами позволяют выполнять более сложные записи и потому находят широкое применение как у любителей магнитной записи звука, так и у кинолюбителей при озвучивании кинофильмов.

В большинстве случаев микшерский пульт строят в расчете на подключение трех различных источников звукового напряжения. Но могут быть построены микшерские пульты и для одинаковых источников звукового напряжения. Выбор той или иной схемы микшерского пульта зависит от предъявляемых к нему требований.

На рис. 8, *а* приведена схема микшерского пульта, рассчитанного на подключение к нему микрофона *М*, звукоснимателя *Зв* и магнитофона *Мф*, причем уровень сигнала от микрофона усиливается усилителем *У* до уровня сигналов на других входах пульта. В каждом из трех каналов имеется самостоятельный регулятор уровня сигнала: R_3 — для микрофона, R_1 — для звукоснимателя и R_2 — для магнитофона. Регуляторы уровня сигнала подключены к выходным гнездам через разделительные резисторы R_4, R_5 и R_6, что исключает влияние положения движков регуляторов на уровень сигнала от других источников звукового напряжения.

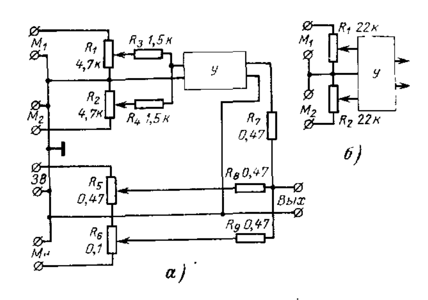
Схема микшерского пульта, показанная на рис. 8, *б*, рассчитана на подключение тех же трех источников звукового напряжения и представляет собой пассивный микшерский пульт с усилителем. В этом случае усилитель *У* повышает суммарный уровень сигнала, подводимый к нему от всех трех источников звукового напряжения. По принципу работы эта схема аналогична схеме микшерского пульта, приведенной на рис. 7, *в*.

Схема еще одного микшерского пульта показана на рис. 8, *в*. Она отличается от предыдущих тем, что рассчитана на подключение двух микрофонов $М_1$ и $М_2$ и звукоснимателя *Зв* и имеет два усилителя $У_1$ и $У_2$ с соответствующими регуляторами уровня сигнала R_3 и R_4 на выходе. В некоторых случаях изменение уровня сигналов от двух микрофонов с помощью самостоятельных регуляторов уровня сигнала не всегда необходимо. Для упрощения схемы микшерского пульта и управления им иногда применяют схему регулирования уровня сигналов от микрофонов, приведенную на рис. 8, *г*. Здесь переменный резистор R_3 регулирует уровень сигнала сразу обоих микрофонов, причем когда уровень сигнала одного из них увеличивается, уровень сигнала другого понижается. При установке движка переменного резистора в среднее положение уровни сигналов от обоих микрофонов оказываются примерно одинаковыми.

Микшерские пульты с четырьмя входами являются дальнейшим развитием схем и одновременно иллюстрацией построения микшерских пультов. Кроме того, такие микшерские пульты используются кинолюбителями для озвучивания игровых кинофильмов.

В этом отношении интересна схема микшерского пульта, приведенная на рис. 9, *а*. Этот микшерский пульт рассчитан на подключение двух микрофонов $М_1$ и $М_2$, звукоснимателя *Зв* и магнитофона *Мф*. Однако он отличается от ранее рассмотренных способом включения регуляторов уровня сигналов от микрофона. Если раньше регуляторы уровня сигнала от микрофона были помещены после усилителя, то в этой схеме они включены на входе усилителя. Включение регуляторов уровня сигнала на входе усилителя имеет свои достоинства и недостатки. Достоинство такой схемы заключается в том, что вместо двух микрофонных усилителей требуется лишь один. При указанных на схеме сопротивлениях резисторы R_1 и R_2 к пульту можно подключать микрофоны без повышающего трансформатора. Если же величины сопротивлений этих резисторов увеличить до 470 *ком* с одновременным увеличением разделительных резисторов, то становится возможным использовать микрофоны с повышающим трансформатором, причем в этом случае коэффициент усиления усилителя должен быть в 3—4 раза меньшим, а входное сопротивление более высоким. К недостаткам такой схемы включения регуляторов уровней сигналов от микрофонов следует отнести дополнительную потерю уровня сигнала из-за необходимости включения раздели-

тельных резисторов R_3 и R_4. Правда, эту потерю в уровне сигнала можно компенсировать за счет увеличения коэффициента усиления усилителя, что несколько усложнит схему. Есть и другой способ компенсировать указанный недостаток — применить специальную схему усилителя, показанную на рис. 9, *б*. Такой усилитель должен



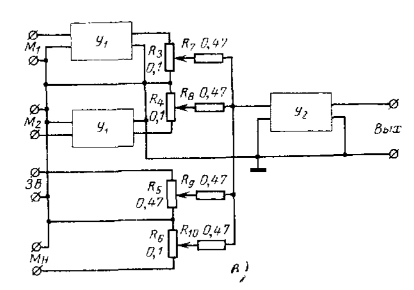


Рис. 9. Схемы микшерских пультов с усилителем для получения сложной фонограммы от четырех источников звукового напряжения.

иметь два самостоятельных входа и общий выход, т. е. он должен при раздельных входах обеспечивать на выходе суммарный сигнал от обоих микрофонов. Схема такого усилителя несколько сложнее, чем в рассмотренных ранее случаях.

Наконец, микшерский пульт на четыре входа может быть собран и с самостоятельными усилителями для каждого микрофона в отдельности, как это предусматривалось в более простых схемах микшерских пультов. Однако в этом случае ослабление уровня суммарного сигнала при сложении получается довольно значительным и приходится вводить дополнительный усилитель суммарного сигнала. Схема такого микшерского пульта показана на рис. 9, *в*. В этой схеме, помимо микрофонных усилителей $У_1$, имеется еще один усилитель $У_2$ для повышения уровня суммарного сигнала. Вообще, в схемах высококачественных микшерских пультов следует применять отдельные усилители для каждого микрофонного входа и регулировать сигнал на выходе не микрофонов, а усилителей, что позволяет получить лучшее соотношение сигнал/шум.

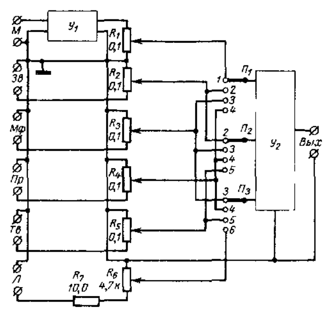


Рис. 10. Схема многовходового микшерского пульта с переключателем селектором источников звукового напряжения.

Многовходовый микшерский пульт, схема которого показана на рис. 10, может быть весьма полезным для любителей магнитной записи звука, ибо он позволяет всегда иметь наготове микрофон *М*, звукосниматель *Зв*, магнитофон *Мф*, радиовещательный приемник *Пр*, телевизор *Тв* и радиотрансляционную линию *Л* и быстро подключать к магнитофону или оконечному усилителю три любых источника звукового напряжения в различных комбинациях. Выбор необходимых в данный момент источников звукового напряжения производится переключателями $П_1$, $П_2$ и $П_3$, а регулирование уровня сигнала — переменными резисторами R_1—R_6. Усилитель $У_1$ повышает уровень сигнала от микрофона, а $У_2$ — суммарный уровень сигнала.

Использование такого микшерского пульта для прослушивания программ или озвучения помещений может потребовать введения в схему усилителя суммарного сигнала регуляторов тембра, с помощью которых устанавливают наиболее приятный для слуха тембр звучания каждой программы в отдельности. Однако при записи на

магнитофон пользоваться регуляторами тембра нежелательно, так как это может исказить первоначальную фонограмму.

Стереофонические микшерские пульты хотя и напоминают по принципу построения монофонические микшерские пульты, значительно отличаются от последних как по схеме, так и по органам управления.

Принятая в любительской звукозаписи система *АВ* стереофонии[1] предполагает наличие двух идентичных по параметрам и характеристикам каналов, управляемых различными органами регулировки одновременно в обоих каналах. Самостоятельное регулирование в каждом из каналов в отдельности, как правило, приводит к нарушению стереофонического эффекта и потому в стереофонических микшерских пультах не применяется. Однако некоторые модели стереофонических магнитофонов и усилителей низкой частоты имеют самостоятельные регуляторы уровня для каждого канала в отдельности. Чтобы и в этих условиях обеспечить минимальные искажения «звуковой картины», в стереофонические микшерские пульты вводят специальный генератор звуковой частоты для предварительной регулировки тракта магнитофона или усилителя. Помимо этого, в стереофонические микшерские пульты вводят специальные органы управления — регуляторы направления (панорамные регуляторы), с помощью которых можно осуществлять разнообразные стереофонические эффекты, даже если источник звукового напряжения монофонический.

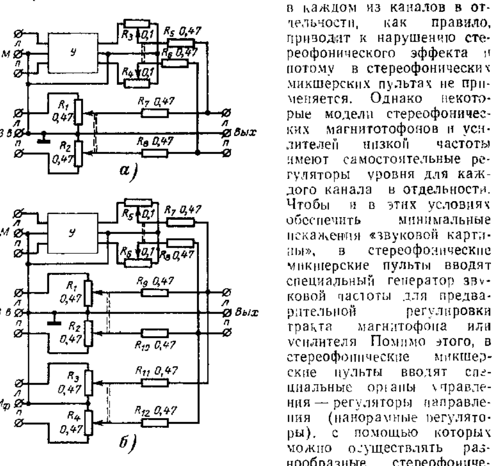


Рис. 11. Схемы простых стереофонических микшерских пультов с усилителем.

Таким образом, стереофонические микшерские пульты представляют собой самостоятельные устройства, имеющие специфические отличия от монофонических микшерских пультов. Вместе с тем, ими можно пользоваться и для записи или воспроизведения звука от монофонических источников звукового напряжения, для чего в них вводят специальные каналы. В большинстве случаев эти каналы используют и для создания стереофонических эффектов, таких, как

[1] О системах стереофонического воспроизведения см. книгу Х. Якубашека «Стереофония в радиолюбительской практике», изд-во «Энергия», МРБ, вып. 580.

эффект перемещения источника звука. Можно, конечно, использовать стереофонический микшерский пульт для записи или усиления монофонических программ, применяя для этого один канал (обычно левый).

Схемы простейших стереофонических микшерских пультов показаны на рис. 11. Первый из них (рис. 11, *а*) рассчитан на два стереофонических источника звукового напряжения: микрофон *М* и звукосниматель *Зв*. Каждым из каналов микшерского пульта управляют спаренными переменными резисторами $R_1 R_2$ и $R_3 R_4$. Суммарный сигнал от обоих источников звукового напряжения через разделительные резисторы R_5—R_8 подводится к выходным зажимам микшерского пульта.

Другой стереофонический микшерский пульт (рис. 11, *б*) предназначен для смешивания программ от трех стереофонических источников звукового напряжения: микрофона *М*, звукоснимателя *Зв* и магнитофона *Мф*. Как и в предыдущем случае, управление каждым из каналов осуществляется спаренными переменными резисторами $R_1 R_2$, $R_3 R_4$ и $R_5 R_6$, а суммарный сигнал необходимого уровня подводится к выходным зажимам через разделительные резисторы R_7 — R_{12}.

Схема еще одного, более сложного, но и обладающего большими возможностями стереофонического микшерского пульта приведена на рис. 12, *а*. Здесь, помимо стереофонических каналов для микрофона и звукоснимателя или магнитофона, предусмотрен еще один (нижний по схеме) канал для подключения монофонического звукоснимателя или магнитофона. В этот дополнительный канал введен еще один орган управления — регулятор направления, в качестве которого использован спаренный переменный резистор $R_{13} R_{14}$. С помощью этого регулятора монофонический сигнал можно равномерно «подмешивать» в оба стереофонических канала или плавно «перемещать» его из одного канала в другой, создавая эффект перемещения источника звука.

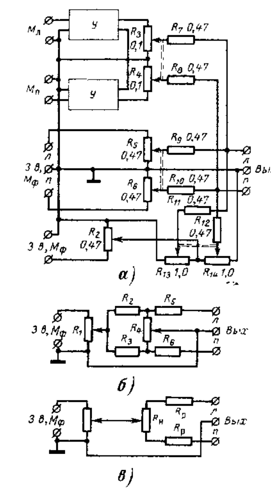


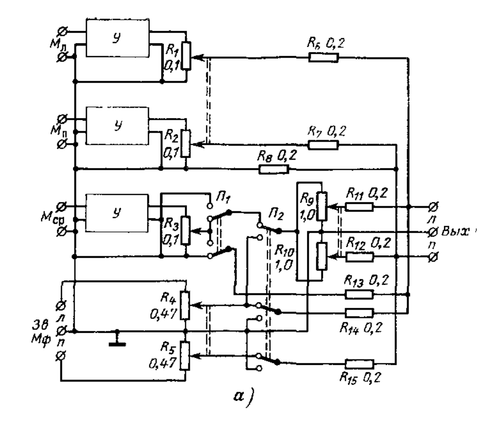
Рис. 12. Схема стереофонического микшерского пульта с регулятором направления.
а — схема микшерского пульта; *б* и *в* — варианты включения регулятора направления

Действие регулятора направления таково. Когда движки переменных резисторов R_{13}, R_{14} находятся в среднем положении, монофонический сигнал распределяется равномерно в оба стереофонических канала. В крайнем правом (по схеме) положении движков этих переменных резисторов монофонический сигнал будет поступать только в левый стереофонический канал, а в крайнем левом положении — только в правый. Таким образом, при плавном передвижении движков переменных резисторов $R_{13} R_{14}$ из крайнего правого (по схеме) положения в крайнее левое уровень монофонического сигнала в левом стереофоническом канале будет изменяться от максимальной громкости до минимальной, а в правом стереофоническом канале наоборот – от минимальной громкости до максимальной. При стереофоническом воспроизведении такое изменение уровня сигнала воспринимается на слух как перемещение источника звука слева направо. Когда же движки этих потенциометров находятся в среднем положении и уровни сигнала в обоих стереофонических каналах примерно равны, источник звука кажется на слух находящимся в середине «звуковой картины». В остальном этот микшерский пульт ничем не отличается от ранее рассмотренных.

Для упрощенных микшерских пультов могут быть использованы регуляторы направления, работающие на одиночном переменном резисторе. Две схемы возможного включения одиночного переменного резистора как регулятора направления приведены на рис. 12, *б* и *в*. Первая из них (рис. 12, *б*) хотя и позволяет получить неплохие результаты, но диапазон регулирования при этом получается несколько меньшим, чем в случае использования спаренного переменного резистора. Вторая схема хотя и наиболее проста, но не дает глубокой регулировки вплоть до полного ослабления уровня сигнала в одном из стереофонических каналов. Для получения достаточного диапазона регулирования в этом случае требуется, чтобы сопротивление регулятора направления значительно превышало суммарную величину сопротивлений разделительного резистора $R_р$ и последующего участка схемы.

Микшерский пульт, схема которого показана на рис. 13, *а*, является универсальным. С его помощью можно записывать или воспроизводить разнообразные стереофонические или монофонические программы. Этот микшерский пульт рассчитан на подключение к нему стереофонических или монофонических микрофонов и стереофонического звукоснимателя или магнитофона, а также монофонического микрофона середины $М_{ср}$ при записи или воспроизведении стереофонических программ. Этим микрофоном можно пользоваться и при монофонической записи или воспроизведении. Введенные в схему микшерского пульта переключатели $П_1$ и $П_2$ позволяют подключать к панорамному регулятору — переменным резисторам R_9R_{10} — микрофон середины, монофонический микрофон, звукосниматель или магнитофон, что позволяет создавать разнообразные звуковые эффекты с различными источниками сигнала.

Внимание читателя следует обратить на резистор R_8, дополнительно введенный в схему микшерского пульта. Ранее упоминалось, что стереофонические каналы должны быть идентичными. В рассматриваемом микшерском пульте при записи или воспроизведении стереофонических программ с микрофоном середины $М_{ср}$ (переключатель $П_1$ находится в верхнем по схеме положении) последний подключается только к левому каналу через разделительный резистор R_{13}. Чтобы в этом случае не нарушать симметрию микшерско-



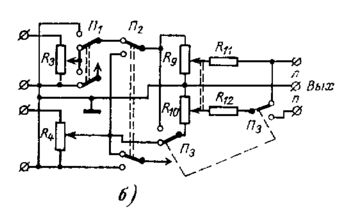


Рис. 13. Схема универсального микшерского пульта, предназначенного для работы с монофоническими и стереофоническими источниками звукового напряжения

а – схема микшерского пульта; *б* — вариант схемы с добавлением переключателя *П*

го пульта, в его схему введен дополнительный резистор R_8, подключенный к правому каналу. В случае использования микшерского пульта в монофоническом режиме правый канал в работе не участвует и его сопротивление можно не принимать во внимание.

С помощью переключателей $П_1$ и $П_2$ микшерский пульт переводят из стереофонического режима в монофонический. Переключатель $П_1$ предназначен для переключения микрофона $М_{ср}$, а переключатель $П_2$ – звукоснимателя или магнитофона. Радиолюбителям

интересующимся различными комбинированными записями, можно рекомендовать ввести в схему микшерского пульта еще один переключатель $П_3$, как это показано на рис. 13, *б*. С его помощью можно изменять схему микшерского пульта таким образом, чтобы регулятор направления можно было использовать для комбинированной монофонической записи, когда уровень сигнала одного источника звукового напряжения (например, микрофона) убывает, а другого источника (например, магнитофона) возрастает (рис. 2, *д*). Добавление переключателя $П_3$ упрощает работу с микшерским пультом,

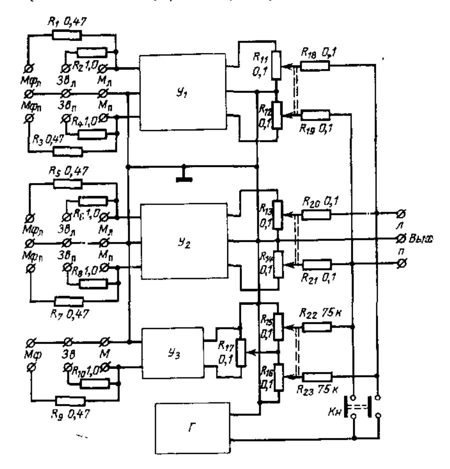


Рис. 14. Схема универсального микшерского пульта с генератором для настройки стереофонической системы

так как в этом случае комбинированная запись получается с помощью одного органа управления, а не двух: для каждого источника звукового напряжения в отдельности.

Заканчивая рассмотрение схем микшерских пультов, остановимся еще на одном варианте схемы. Этот универсальный стереофонический микшерский пульт может работать одновременно от трех различных источников звукового напряжения, в том числе два источника звукового напряжения могут быть стереофоническими

Схема микшерского пульта показана на рис 14. Здесь к каждому усилителю может быть подключен один из трех источников звукового напряжения: микрофон, звукосниматель или магнитофон. Канал для монофонических источников звукового напряжения имеет

в своем составе регулятор направления — переменные резисторы $R_{15}R_{16}$. Дополнительно в схему микшерского пульта введен генератор звуковой частоты *Г* для балансировки каналов стереофонической установки или магнитофона, совместно с которым будет работать микшерский пульт. Генератор подключается к выходным зажимам микшерского пульта кнопкой *Кн*. Усилители $У_1$ и $У_2$ имеют в своем составе по два идентичных монофонических усилителя (подобных по схеме усилителю $У_3$). В остальном этот микшерский пульт ничем не отличается от ранее рассмотренных.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ МИКШЕРСКИХ ПУЛЬТОВ

В состав активных микшерских пультов входят один или несколько усилителей звуковой частоты. В зависимости от электрической схемы микшерского пульта усилитель звуковой частоты может выполнять различные функции, основная из которых — повышение уровня сигнала от микрофона до уровня сигналов от других источников звукового напряжения. Но, как было видно из рассмотрения схем микшерских пультов, усилитель звуковой частоты может быть использован и для повышения уровня суммарного сигнала и даже корректировки частотной характеристики источников звукового напряжения. Естественно, что в каждом конкретном случае схема усилителя должна отвечать своему назначению. Это означает, что в зависимости от назначения усилитель звуковой частоты должен обладать теми или иными параметрами, гарантирующими нормальную работу микшерского пульта совместно с другими устройствами (магнитофоном, мощным оконечным усилителем, радиокомплексом и др.)

Какие же из параметров следует учитывать при проектировании или изготовлении усилителей звуковой частоты к микшерским пультам?

Входное сопротивление усилителя должно быть не менее сопротивления нагрузки, рекомендуемого для данного источника звукового напряжения. Так, например, для работы с микрофоном входное сопротивление усилителя должно быть не ниже рекомендованного сопротивления нагрузки для микрофона данного типа. Величины сопротивлений нагрузки для некоторых типов наиболее распространенных и используемых в любительской магнитной записи микрофонов приведены ниже.

Номинальное сопротивление нагрузки, *ком*	Тип микрофона						
	МД-41	МД-44	МД-45	МД-47	МД-55	МД-62	МД-64
$R_н$	500	0,25	0,25	500	0,25*	0,25	0,25 3—5 500

* К магнитофонам «Мелодия» и «Комета» этот микрофон придавался с повышающим трансформатором; в этом случае номинальное сопротивление нагрузки должно быть 500 *ком*

Для низкоомных микрофонов желательно производить согласование по мощности (равенство входного сопротивления усилителя и выходного сопротивления микрофона). В этом случае лучше перекрываются собственные шумы усилителя, а частотная характеристика микрофона наиболее равномерна

Выходное сопротивление усилителя, наоборот, должно быть не очень большим В противном случае при подключении к выходу переменного резистора, регулирующего уровень сигнала, или входа магнитофона (или усилителя) может произойти ослабление уровня сигнала, если их сопротивления будут соизмеримы. Обычно выходное сопротивление стараются получить в пределах 5—15 *ком*.

Немаловажное значение имеет и коэффициент усиления усилителя, так как его выходное напряжение при заданном уровне входного сигнала должно быть не ниже того, на которое рассчитан вход установки, совместно с которой будет работать микшерский пульт. Современные радиоустановки (магнитофоны, радиовещательные и телевизионные приемники, радиокомплексы и др.) имеют вход с чувствительностью 10—15 *мв* для подключения радиоприемника или вход с чувствительностью 250 *мв* для подключения звукоснимателя. На подключение к одному из этих входов и должен быть рассчитан микшерский пульт В этом случае в зависимости от типа используемого микрофона определяют коэффициент усиления усилителя по напряжению, который может быть от 30 до 100. В некоторых случаях, когда уровень сигнала от источника звукового напряжения очень мал или когда используется менее чувствительный вход радиоустановки, коэффициент усиления усилителя может доходить до 250.

Полоса пропускания усилителя микшерского пульта должна быть равной полосе частот источника звукового напряжения или несколько шире. В большинстве случаев частотная характеристика усилителя должна быть линейной во всей полосе частот, воспроизводимых усилителем. Однако в некоторых случаях в схему вводят и регуляторы тембра для корректировки частотной характеристики источника звукового напряжения или суммарного сигнала. Но нежелательно изменять частотную характеристику усилителя микшерского пульта, если он предназначен для работы с магнитофоном, не позволяющим контролировать запись на слух в процессе самой записи. Особенно это относится к стереофоническим микшерским пультам, где изменение усиления на отдельных участках полосы звуковых частот может быть воспринято на слух как изменение положения источника звука.

Нелинейные искажения усилителя микшерского пульта обычно бывают небольшими, конечно, если режим работы радиоламп или транзисторов выбран правильно. Объясняется это тем, что на вход усилителя, как правило, поступают сигналы довольно малой величины (обычно порядка 0,2—5 *мв*), и работа со столь малыми уровнями не может вызвать перегрузки усилителя и появления значительных нелинейных искажений. Однако работа со столь малыми уровнями требует особо тщательной экранировки микшерского пульта и защиты его от разного рода наводок. В противном случае снизится динамический диапазон установки в целом, что весьма нежелательно

В принципе безразлично что использовать в качестве усилительного элемента — радиолампу или транзистор. Однако в настоящее время микшерские пульты для любительской записи звука и домашних радиоустройств изготовляют только на транзисторах. Объясняется это тем, что в большинстве случаев желательно иметь микшерский пульт как самостоятельное устройство минимальных размеров, связанное с другими аппаратами только соединительными проводами. С другой стороны, используя транзисторы, можно получить достаточно малый уровень шумов, а источник питания можно разместить в корпусе самого микшерского пульта. Если к этому добавить, что в транзисторных усилителях можно легко получить небольшое выходное сопротивление, а если использовать специальные схемы включения, то и достаточно большое входное сопротивление, станет очевидным явное преимущество применения транзисторов, а не радиоламп. Вот почему все рассматриваемые нами ниже схемы усилителей для микшерских пультов построены только на транзисторах.

Схемы усилителей на одном транзисторе наиболее просты, требуют минимального количества деталей и удовлетворительно работают в интервале температур от 10 до 40° С. Их чаще всего используют в простых микшерских пультах, где не требуется очень большое усиление, но важно иметь небольшие габариты.

На рис. 15 показано несколько вариантов схем усилителей на одном транзисторе, используемых в микшерских пультах. Наиболее простая из них приведена на рис. 15, *а*. Этот усилитель при входном сопротивлении около 3 *ком* имеет коэффициент усиления по напряжению около 50. Благодаря введению отрицательной обратной связи по напряжению режим транзистора стабилизирован. Величину отрицательной обратной связи, а следовательно, и коэффициент усиления можно отрегулировать подстроечным резистором R_3 при налаживании.

На рис. 15, *б* приведена другая схема однокаскадного транзисторного усилителя. Благодаря большому сопротивлению нагрузки удалось получить коэффициент усиления порядка 100 при входном сопротивлении около 4 *ком*. Режим работы транзистора в этой схеме стабилизирован с помощью делителя напряжения R_1R_2.

Схема (рис. 15, *в*) отличается от предыдущей только введением в цепь эмиттера дополнительного резистора R_4. Благодаря этому в схему введена отрицательная обратная связь по току, что несколько снижает коэффициент усиления, но увеличивает стабильность усиления.

Несколько отличается от остальных схема усилителя (рис. 15, *г*). В этой схеме дополнительно введенный конденсатор C_2 присоединен к части сопротивления в цепи эмиттера, составленного из резисторов $R_2 R_3$. Благодаря подключению к этой же точке схемы резистора R_1 возникает отрицательная обратная связь по переменному току, увеличивающая полное входное сопротивление транзистора (здесь оно порядка 5 *ком*). Делитель напряжения R_1R_3, стабилизирующий напряжение на базе транзистора, мало влияет на величину общего входного сопротивления схемы, так как средний вывод этого делителя напряжения соединен с базой транзистора через резистор R_2. Кроме того, через конденсатор C_2 и резистор R_2 переменное напряжение с эмиттера подводится обратно к базе транзистора, чем осуществляется небольшая положительная обратная связь. Все это приводит к эффективной стабилизации рабочей точки транзистора и позволяет без ущерба для величины полного входного сопротивления усилителя применять небольшие по величине резисторы делителя напряжения. Коэффициент усиления этой схемы — порядка 50.

Коэффициент усиления порядка 30—50, характерный для усилительного каскада на одном транзисторе, не всегда может быть приемлем. Довольно часто особенно когда микшерский пульт предназначен для оборудования любительской студии, требуется больший коэффициент усиления. Повысить коэффициент усиления мож-

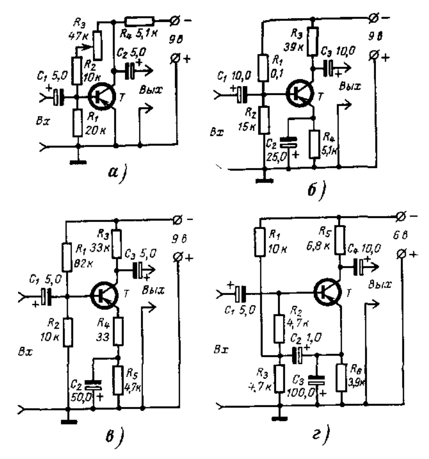


Рис. 15. Схемы усилителей на одном транзисторе для микшерского пульта.

но увеличением напряжения питания транзистора до 15—18 *в*. При таком напряжении питания усилитель, схема которого показана на рис. 15, *б*, позволяет получить коэффициент усиления не менее 100. Такого коэффициента усиления в большинстве случаев бывает достаточно.

На рис. 9, *б* был показан вариант схемы микшерского пульта, где усилитель имеет два входа и один общий выход. Для такого микшерского пульта может быть использована схема усилителя (рис. 16). В этой схеме два транзистора, имеющие раздельные входные цепи, нагружены на один общий резистор R_7, включенный в коллекторные цепи обоих транзисторов. Таким образом, здесь, как и в предыдущих случаях, каждый усилительный каскад работает на одном транзисторе, а коэффициент усиления каждого каскада примерно равен 50.

Непременное условие хорошей работы такого усилителя заключается в том, чтобы обеспечить одинаковые режимы работы обоих

транзисторов. Достигается это подбором сопротивлений резисторов R_1 и R_3 таким образом, чтобы напряжения на эмиттерах обоих транзисторов были равны.

Если такого коэффициента усиления все же будет недостаточно, усилитель для микшерского пульта следует сделать на двух транзисторах.

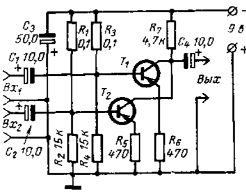


Рис. 16. Схема усилителя для микшерского пульта на два входа и с общим выходом.

Схемы усилителей на двух транзисторах в большинстве случаев обеспечивают требуемый коэффициент усиления и поэтому наиболее часто используются в сложных монофонических и стереофонических микшерских пультах, хотя по своей сложности и количеству деталей превосходят усилители на одном транзисторе. Если к этому добавить, что усилители на двух транзисторах обычно имеют и лучшие параметры, то станет понятно, почему им иногда отдают предпочтение.

Несколько схем усилителей на двух транзисторах, наиболее часто используемых в микшерских пультах, приведено на рис. 17. Наиболее простая из них и с минимальным количеством деталей показана на рис. 17, *а*. Этот усилитель при коэффициенте усиления около 70 обладает довольно большим входным сопротивлением (около 10 *ком*) и высокой стабильностью. В этом усилителе транзистор T_1 включен по схеме с общим коллектором, а транзистор T_2 — по схеме с общим эмиттером. Помимо этого, коллекторы обоих транзисторов соединены между собой, благодаря чему резко снижается ток утечки коллекторного перехода первого транзистора, ограничивающий входное сопротивление каскада. В такой схеме входное сопротивление усилителя всегда бывает больше величины резистора R_3.

В другой схеме усилителя, приведенной на рис. 17, *б*, наоборот, первый транзистор включен по схеме с общим эмиттером, а транзистор T_2 — по схеме с общим коллектором. Коэффициент усиления этой схемы — около 100, входное сопротивление — около 4 *ком*, а частотная характеристика прямолинейна в диапазоне частот от 50 до 15 000 *гц*.

Двухкаскадный усилитель для микшерского пульта может быть собран и по схеме, приведенной на рис. 17, *в*. Он отличается большим коэффициентом усиления (порядка 250), высоким входным сопротивлением (около 30 *ком*) и довольно малым выходным (не более 3 *ком*). Благодаря введению отрицательной обратной связи по току в цепи эмиттера транзистора T_1 и отрицательной обратной связи по напряжению, которая с коллектора транзистора T_2 вводится в цепь эмиттера транзистора T_1 через конденсаторы C_4, C_6 и резистор R_9, частотная характеристика усилителя имеет неравномерность не более 1,5 *дб* в диапазоне звуковых частот от 20 до 20 000 *гц*. При напряжении источника питания 9 *в* потребление усилителя немного больше 1 *ма*.

Следующие три схемы усилителей для микшерского пульта на двух транзисторах имеют непосредственную связь между каскадами и две цепи отрицательной обратной связи с выхода усилителя на его вход. Такие схемы нашли самое широкое распространение благодаря малой чувствительности к изменению напряжения источника питания, очень высокой температурной стабилизации и весьма незна-

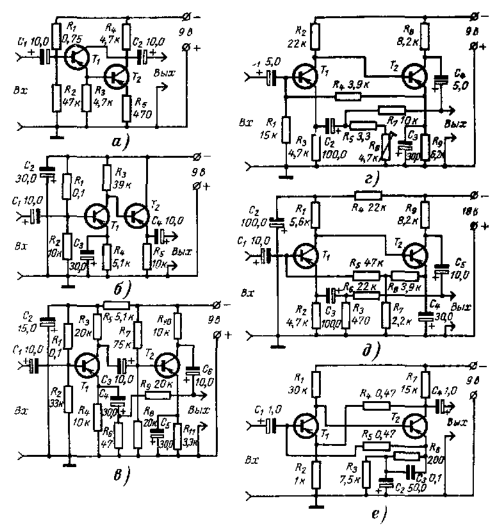


Рис. 17. Схемы усилителей для микшерского пульта на двух транзисторах

чительным нелинейным искажениям. Помимо этого, такие усилители обычно не требуют специального подбора транзисторов и легко налаживаются. Количество деталей в них может быть даже меньше по сравнению с аналогичными усилителями с RC-связью между каскадами.

В схеме усилителя на двух транзисторах, показанной на рис. 17, *г*, одна отрицательная обратная связь соединяет цепь эмиттера транзистора T_2 через резистор R_4 с цепью базы транзистора T_1, а другая — цепь коллектора транзистора T_2 через конденсаторы C_2, C_4 и резистор R_7 цепь эмиттера транзистора T_1. Отличительная особенность этой схемы — наличие подстроечного резистора R_6, с

помощью которого можно изменять величину отрицательной обратной связи и, следовательно, коэффициент усиления всего усилителя, подбирая его при регулировке таким, чтобы обеспечивалось требуемое выходное напряжение при данной величине уровня сигнала от источника звукового напряжения. Если же этот регулировочный резистор заменить переменным резистором и ручку его управления вывести на лицевую панель микшерского пульта, то его можно использовать для первоначальной установки уровня сигнала от данного источника звукового напряжения, что очень удобно в работе с различными источниками звукового напряжения; кроме того, при этом увеличивается общий диапазон регулировки усиления. Диапазон изменения уровня сигнала этим дополнительным регулятором составляет около 50 *дб*. Коэффициент усиления усилителя — не менее 100 при входном сопротивлении около 3 *ком*. Частотная характеристика в диапазоне частот от 20 до 20 000 *гц* имеет неравномерность не более 2 *дб*.

Схема другого двухкаскадного усилителя с непосредственной связью между транзисторами приведена на рис. 17, *д*. Она имеет примерно те же параметры, что и предыдущая схема, но отличается от нее способом подачи смещения из цепи эмиттера транзистора T_2 в цепь базы транзистора T_1. Благодаря этому входное сопротивление здесь несколько больше, чем в предыдущей схеме.

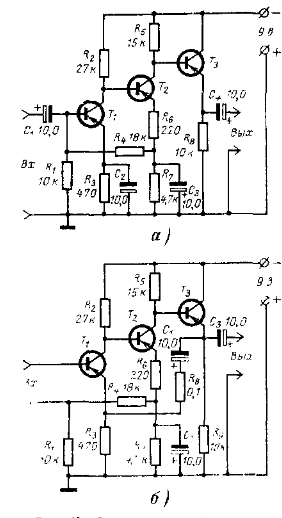


Рис. 18. Схемы усилителей для микшерского пульта на трех транзисторах.

Схема, изображенная на рис. 17, *е*, хотя и имеет меньшее количество деталей, но благодаря введению коррекции частотной характеристики (R_6C_2) работает в широком диапазоне частот. Коэффициент усиления этой схемы — не менее 250, входное сопротивление — более 30 *ком*, выходное сопротивление — порядка 3 *ком*, а частотная характеристика охватывает диапазон частот от 20 до 30 000 *гц* при неравномерности не более 2 *дб*. Следует отметить, что параметры этого усилителя мало зависят от напряжения источника питания.

Усилители на трех транзисторах в микшерских пультах используют довольно редко и только в тех случаях, когда уровень сигнала

от источника звукового напряжения очень мал, или требуется весьма высокое входное сопротивление или когда вход установки, к которой должен быть подключен микшерский пульт, имеет малую чувствительность. По количеству деталей такие усилители обычно мало отличаются от двухкаскадных, и поэтому их можно рекомендовать радиолюбителям для использования в своих конструкциях.

На рис. 18 приведены две схемы усилителей для микшерских пуль-

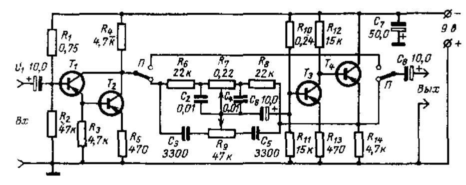


Рис. 19. Схема усилителя для микшерского пульта с регуляторами тембра.

тов, построенные с использованием непосредственных связей между транзисторами. Первая из них (рис. 18, *а*) имеет два каскада усиления на транзисторах T_1 и T_2, включенных по схеме с общим эмиттером, и каскад согласования на транзисторе T_3, включенном по схеме с общим коллектором. Этот усилитель при коэффициенте усиления более 200 имеет входное сопротивление около 3 *ком* и выходное около 2 *ком*. Частотная характеристика в диапазоне частот от 50 до 12 000 *гц* имеет неравномерность не более 3 *дб*. Основное назначение такого усилителя — работа с низкоомным электродинамическим микрофоном без согласующего трансформатора.

Схема усилителя (рис. 18, *б*) отличается от предыдущей способом подключения источника звукового напряжения и введением отрицательной обратной связи, напряжение которой снимается с эмиттера транзистора T_3 и через резистор R_8 и конденсатор C_1 подается в цепь эмиттера транзистора T_1. Благодаря этому входное сопротивление усилителя увеличивается, а коэффициент усиления снижается примерно до 100. Эту схему усилителя можно использовать с высокоомными электродинамическими микрофонами, имеющими повышающий трансформатор, например типа МД-64. Недостаток рассматриваемой схемы — необходимость соединять источник звукового напряжения с усилителем только двухпроводным экранированным кабелем.

Усилители с регуляторами тембра в основном используют в сложных многовходовых микшерских пультах. Схема такого усилителя показана на рис. 19. Он состоит из предварительного двухкаскадного усилителя, работающего на транзисторах T_1 и T_2, и дополнительного двухкаскадного усилителя, в котором использованы транзисторы T_3 и T_4. Дополнительный усилитель введен в схему для компенсации ослабления сигнала в цепях регулировки тембра. Оба усилителя собраны по схеме с непосредственной связью между

транзисторами. В качестве регулятора тембра нижних звуковых частот использован переменный резистор R_7, а в качестве регулятора тембра верхних звуковых частот — переменный резистор R_9. Оба регулятора тембра включены в цепь отрицательной обратной связи, напряжение которой снято с эмиттера транзистора T_4 и через цепи частотной коррекции подано в цепь базы транзистора T_3. Оконечный каскад дополнительного усилителя собран по схеме с общим коллектором, что обеспечивает хорошее согласование усилителя с входным сопротивлением любой установки. Введенный в схему переключатель *П* позволяет отключать регуляторы тембра, если по характеру работы они не требуются. Коэффициент усиления такого усилителя в режиме работы с регуляторами тембра — около 50 и без регуляторов тембра — около 30. Диапазон регулирования тембра нижних звуковых частот ±10 *дб* на частоте 100 *гц* и верхних звуковых частот ±8 *дб* на частоте 10 000 *гц*.

Усилитель с регуляторами тембра можно использовать в микшерском пульте (см. рис. 10). Здесь возможны два варианта использования такого усилителя. В первом случае микшерский пульт должен иметь три таких усилителя, соединенных соответственно с каждым переключателем и работающих на общую нагрузку. Во втором случае можно иметь один такой усилитель, но тогда подвижные контакты всех трех переключателей должны быть соединены между собой через разделительные резисторы и подключены ко входу усилителя. Выбор варианта использования зависит от того, какая частотная коррекция требуется: для сигналов отдельных источников или для суммарного сигнала. Первый вариант дает больше возможностей, но он сложнее

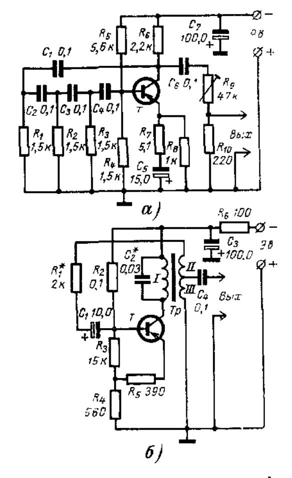


Рис. 20. Схемы генераторов звуковой частоты, используемые в микшерских пультах.

Генератор звуковой частоты для микшерского пульта обычно собирают на одном транзисторе. Его выходное напряжение должно быть порядка 100—300 *мв*, а рабочая частота 1 000—2 000 *гц*. Две схемы генераторов, удовлетворяющих этим требованиям и используемых в микшерских пультах, приведены на рис. 20.

В первой из них (рис. 20, *а*) генератор собран по *RC*-схеме. Здесь в цепь отрицательной обратной связи включен *RC*-фильтр,

состоящий из резисторов R_1—R_4 и конденсаторов C_1—C_4. Номиналы элементов фильтра подобраны таким образом, чтобы частота генератора была около 1 000 *гц*. Выходное напряжение снимается с делителя R_9R_{10}, а его величина устанавливается резистором R_9.

В другой схеме (рис. 20, *б*) генератор работает на транзисторе *Т*, в коллекторную цепь которого включен трансформатор *Тр*, т. е. генератор собран по схеме с индуктивной обратной связью. Частота генератора зависит от параметров контура, образованного конденсатором C_2 и индуктивностью первичной обмотки трансформатора *Тр*. Обратная связь снимается с обмоток *II* и *III* этого трансформатора. Глубину обратной связи и выходное напряжение генератора, снимаемое с обмотки *III* трансформатора, при налаживании можно регулировать резистором R_1. В этой схеме трансформатор *Тр* намотан на пермаллоевом сердечнике сечением 0,4 $см^2$. Его обмотка *I* имеет 2 900 витков, обмотка *II* — 290 витков и обмотка *III* — 500 витков провода ПЭВ-2 0,05 *мм*.

Заканчивая обзор электрических схем микшерских пультов, приведем в качестве примера две полные схемы микшерских пультов.

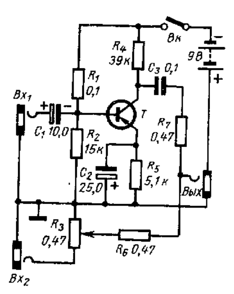


Рис. 21. Полная принципиальная схема простого монофонического микшерского пульта с усилителем

Простейший микшерский пульт (рис. 21) рассчитан на одновременное подключение двух монофонических источников звукового напряжения. Один из них — низкоомный микрофон — подключают к гнезду $Вх_1$, а другой — звукосниматель или магнитофон — к гнезду $Вх_2$.

Сигнал от микрофона усиливается однокаскадным усилителем на транзисторе *Т*, включенном по схеме с общим эмиттером и имеющим коэффициент усиления около 100. Величина сигнала от микрофона в микшерском пульте не регулируется. Усиленный сигнал снимается с резистора R_4 и через конденсатор C_3 и разделительный резистор R_7 подводится к выходному гнезду *Вых*. Сигнал от звукоснимателя или магнитофона подается на переменный резистор R_3. Таким образом, к выходному гнезду одновременно подводятся два сигнала, один из которых — от микрофона — имеет неизменную величину, а другой сигнал — от звукоснимателя или магнитофона — можно изменять в зависимости от характера воспроизводимой или записываемой программы.

Усилительный каскад питается от батареи типа «Крона», помещенной внутри микшерского пульта и выключаемой контактами *Вк*. Последние могут быть объединены с переменным резистором или быть самостоятельными. Длина соединительного шланга от пульта ко входу магнитофона или усилителя должна быть по возможности меньше, чтобы не вносить спада высоких частот из-за большого сопротивления разделительных резисторов.

Универсальный микшерский пульт (рис. 22) рассчитан на одновременное подключение двух стереофонических источников звуково-

го напряжения (микрофона и звукоснимателя или магнитофона) и одного монофонического (микрофона) или на одновременное подключение трех монофонических источников звукового напряжения (двух микрофонов и звукоснимателя, магнитофона или приемника); возможно также одновременное подключение одного микрофона,

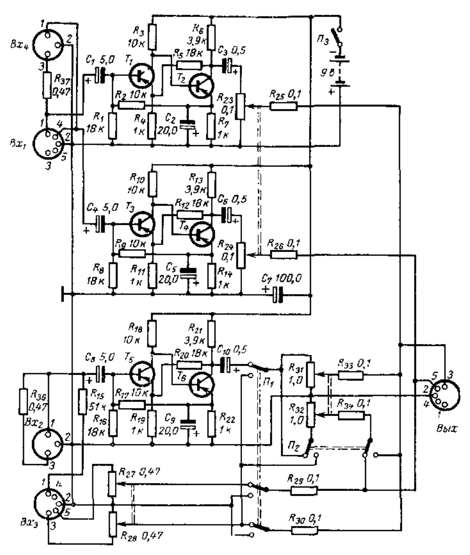


Рис. 22. Полная принципиальная схема универсального микшерского пульта. Переключатели $П_1$ и $П_2$ показаны в положении «Стерео».

приемника и звукоснимателя или магнитофона. Кроме того, схемой микшерского пульта предусмотрены:

возможность подключения микрофона середины при стереофонической работе микшерского пульта и возможность перемещения сигнала от этого микрофона из одного канала в другой при помощи регулятора направления;

возможность подключения монофонического звукоснимателя, магнитофона или приемника в качестве источника сигнала середины с одновременным перемещением сигнала от этого источника

звукового напряжения из одного канала в другой при помощи регулятора направления при работе со стереофоническими микрофонами;

возможность использования регулятора направления для одновременного изменения уровня сигнала от двух монофонических источников звукового напряжения (микрофона или приемника и звукоснимателя или магнитофона), причем если уровень сигнала от микрофона или приемника возрастает, то одновременно уровень сигнала от звукоснимателя или магнитофона уменьшается.

Микшерский пульт имеет пять унифицированных штепсельных разъемов, четыре из которых — входные для подключения соответствующих источников звукового напряжения и пятое — выходное для соединения микшерского пульта с магнитофоном, усилителем или другим устройством. К разъему $Вх_1$ подключают низкоомный стереофонический микрофон. Если вместо стереомикрофона используют два миномикрофона, то микрофон левого канала подключают к разъему $Вх_1$, а правого — к разъему $Вх_4$. К разъему $Вх_2$ подключают низкоомный монофонический микрофон середины, звукосниматель или магнитофон, сигнал от которых можно «подмешивать» в любой из стереофонических каналов, а также использовать этот вход для источника сигнала при монофонической работе микшерского пульта; к разъему $Вх_3$ — стереофонический или монофонический звукосниматель или магнитофон, а также монофонический приемник при работе со стереофоническими микрофонами и использовать его в качестве источника сигнала середины; к разъему $Вх_4$ можно подключать также звукосниматель или магнитофон при работе от трех монофонических источников звукового напряжения.

Микшерский пульт собран по пассивно-активной схеме. В его состав входят три одинаковых усилителя для повышения уровня сигналов. Каждый из этих усилителей собран на двух транзисторах с непосредственной связью между ними и отрицательной обратной связью с выхода усилителя в цепь эмиттера первого каскада. Коэффициент усиления такого усилителя около 100. Два усилителя (на транзисторах T_1 T_2 и T_3 T_4) предназначены в основном для работы от стереофонического микрофона, но один из них (для левого канала на транзисторах T_1, T_2) может быть использован при монофонической работе микшерского пульта для подключения к нему монофонического микрофона, звукоснимателя или магнитофона, причем последние источники сигнала подключают к усилителю через дополнительный резистор R_{35}. Уровень сигнала от всех этих источников звукового напряжения регулируют спаренными переменными резисторами R_{23}, R_{24}.

Третий усилитель предназначен для повышения уровня сигнала от микрофона середины, а также от монофонического приемника, звукоснимателя или магнитофона. Он собран по такой же схеме на транзисторах T_5, T_6. Уровень сигнала от источников звукового напряжения, подключаемых к этому усилителю, регулируют спаренным переменным резистором $R_{31}R_{32}$, который является регулятором направления. Этот регулятор при помощи переключателя $П_1$ может быть соединен либо с третьим усилителем, либо с монофоническим звукоснимателем или магнитофоном, подключенным к левому каналу (гнездо *3* входного разъема $Вх_3$).

Стереофонический или монофонический звукосниматель или магнитофон, а также монофонический приемник подключают к микшерскому пульту через входной разъем $Вх_3$. Нагрузкой для звукоснимателя или магнитофона служит спаренный переменный резистор $R_{27}R_{28}$, с помощью которого регулируют уровень сигнала от этих источников звукового напряжения. Подвижные контакты спаренного переменного резистора соединяют с выходным разъемом переключателем $П_1$. Последний имеет два положения: «Стерео» (показано на схеме), когда к регулятору направления через усилитель подключен микрофон середины или приемник, и «Моно», при котором к регулятору направления подключают монофонический звукосниматель или магнитофон.

Переключатель $П_2$ также имеет два положения: «Стерео» (показано на схеме), когда спаренный переменный резистор $R_{31}R_{32}$ выполняет функцию регулятора направления, и «Моно», при котором этим переменным резистором регулируют уровень сигнала от двух монофонических источников звукового напряжения таким образом, что при увеличении уровня сигнала от одного источника звукового напряжения уровень сигнала от другого ослабляется. Таким образом, с помощью спаренного переменного резистора $R_{31}R_{32}$ одновременно регулируют уровень сигналов от двух источников звукового напряжения (рис. 2, *д*).

Сигналы от всех источников звукового напряжения подаются на выходной разъем *Вых* через разделительные резисторы R_{25}, R_{26}, R_{29}, R_{30}, R_{33} и R_{34}. Этим обеспечивается независимость регулировки уровней сигналов и симметричность каналов при работе на стереофонический магнитофон или усилитель

Микшерский пульт питается от батареи напряжением 9 *в*, помещенной внутри футляра и включаемой кнопкой $П_3$ при работе с усилителями.

Питать усилители микшерского пульта можно от любого источника постоянного тока. Количество элементов и их тип выбирают в зависимости от схемы микшерского пульта и количества транзисторов. В большинстве случаев удобно питать усилители микшерского пульта от батареи типа «Крона», которая имеет небольшие габариты, и ее легко можно разместить внутри самого микшерского пульта. Так как потребление усилителей микшерского пульта обычно составляет несколько миллиампер, батареи типа «Крона» хватает на 4—6 месяцев работы. Можно использовать и аккумулятор типа 7Д-0,1, время от времени подзаряжая его. Нежелательно питать микшерский пульт от выпрямителя магнитофона или усилителя, так как при этом могут возникнуть нежелательные связи и как следствие — ухудшение работы установки в целом.

Общие замечания по схемам усилителей и микшерских пультов сводятся к следующему.

Прежде всего нужно отметить, что в схемах усилителей для микшерских пультов могут быть использованы любые транзисторы, предназначенные для работы в низкочастотных схемах. Так как в большинстве схем входные транзисторы работают при низком напряжении на коллекторе и малом коллекторном токе, подбора специальных малошумящих транзисторов обычно не требуется. Лучше всего использовать транзисторы типов МП13—МП15 и МП39—МП41.

Выбирая схему усилителя или составляя ее самостоятельно, нужно хотя бы ориентировочно знать параметры устройств, совместно с которыми будет работать микшерский пульт, и учесть их при составлении общей схемы. Если параметры устройств известны, то изготовление микшерского пульта не составит большого труда. Но если микшерский пульт изготовляют без учета работы с опре-

деленной установкой, то могут возникнуть трудности в его эксплуатации. Наиболее частая из них — недостаточное усиление. В некоторых случаях недостаточный коэффициент усиления уже собранного усилителя можно повысить увеличением напряжения источника питания. Однако для некоторых схем усилителей, в которых режим работы транзисторов жестко стабилизирован с помощью отрицательной обратной связи, такой способ повышения коэффициента усиления неприемлем. Следовательно, такой способ может быть использован только в случае построения схемы усилителя без глубокой отрицательной обратной связи. Поэтому, если параметры установки, совместно с которой будет работать микшерский пульт, неизвестны, лучше выбрать схему усилителя, заведомо обладающего коэффициентом усиления с некоторым запасом. Это гарантирует нормальную работу микшерского пульта.

Следует обратить внимание и на то обстоятельство, что никогда не следует завышать количество входов микшерского пульта, если это не диктуется практической необходимостью. Как уже было сказано выше, с увеличением количества входов для источников звукового напряжения суммарный уровень сигнала понижается из-за необходимости вводить разделительные резисторы для каждого источника звукового напряжения в отдельности. Поэтому, конструируя микшерский пульт, всегда следует выбирать минимальное количество входов для источников звукового напряжения, необходимое для практической работы, стараться же сделать микшерский пульт, годный на все случаи жизни, просто невозможно.

КОНСТРУКЦИИ МИКШЕРСКИХ ПУЛЬТОВ

Ранее упоминалось, что микшерский пульт может быть самостоятельной конструкцией или составной частью какого-либо аппарата (магнитофона, усилителя низкой частоты и т. п.). Каждая из этих конструкций имеет свои достоинства и недостатки. Однако в большинстве случаев микшерский пульт выполняют в виде отдельного самостоятельного устройства. Это обеспечивает ему большую мобильность, возможность работы с различными источниками звукового напряжения и независимость от аппаратуры, совместно с которой его используют. К недостаткам такой конструкции можно отнести необходимость соединительных шнуров, которые не могут быть очень длинными из-за возможных наводок и увеличения частотных искажений.

Чтобы наглядно разъяснить принцип конструирования микшерских пультов, рассмотрим варианты исполнения приведенных ранее схем.

Простейший микшерский пульт, схема которого была приведена на рис. 21, имеет усилитель сигнала от микрофона, работающий на одном транзисторе. Прежде всего нужно смонтировать схему усилителя. На рис. 23 показаны два варианта монтажа: на планке с лепестками для навесного монтажа и на печатной плате. Как видно из этого рисунка, монтаж столь простого по схеме усилителя с успехом может быть выполнен любым способом и при этом габариты микшерского пульта будут примерно одинаковыми.

Другое дело — монтаж усилительной части универсального микшерского пульта, в состав которого входят три усилителя уровня сигналов (рис. 22). В этом случае монтаж целесообразнее всего

сделать на плате с печатным монтажом, расположив на ней и разделительные резисторы. Все добавочные резисторы в этом случае лучше смонтировать на гнездах разъемов. На рис. 24 показана такая плата с печатным монтажом и деталями на ней. Обозначение элементов соответствует схеме рис. 22.

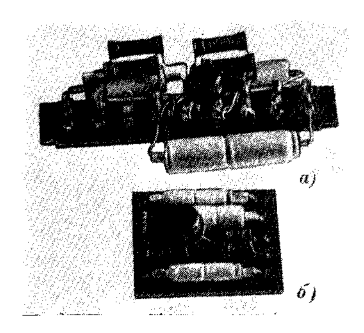
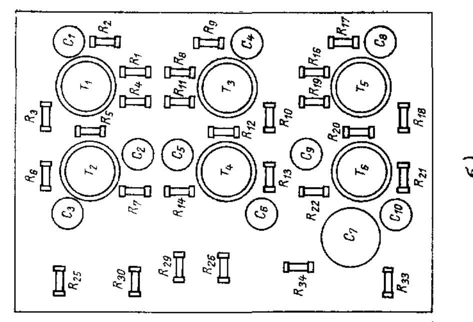


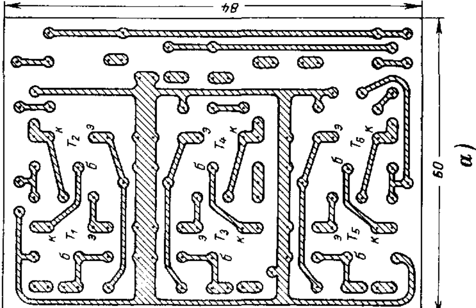
Рис. 23. Варианты монтажа схем усилителей
а — на монтажной планке с лепестками; *б* — на плате с печатным монтажом

Органами управления микшерского пульта служат переменные резисторы, с помощью которых и регулируют уровень сигналов от различных источников звукового напряжения. В простых микшерских пультах оси переменных резисторов можно вывести непосредственно на лицевую панель. В этом случае возможны два варианта исполнения органов управления, показанные на рис. 25. В первом из них (рис. 25, *а*) переменный резистор установлен горизонтально и ось переменного резистора с надетой на нее ручкой проходит сквозь лицевую панель. Здесь желательно использовать ручки типа «клювик» с указателем положения. В другом случае (рис. 25, *б*) переменный резистор в микшерском пульте установлен вертикально, а сквозь лицевую панель проходит только диск управления, который также должен иметь указатели положения подвижного контакта переменного резистора.

В более сложных монофонических и стереофонических микшерских пультах можно, конечно, использовать любое из приведенных выше конструктивных исполнений органов управления. Но, если позволяют габариты устройства, лучше сделать микшерский пульт с поступательным передвижением ручек регуляторов. На рис. 26 показан внешний вид универсального микшерского пульта (схема рис. 22), ручки органов управления которым перемещаются вдоль лицевой панели. Конечно, механизм такого устройства, схематически показанный на рис. 27, довольно сложен в изготовлении, но он

Рис. 24. Плата с печатным монтажом для универсального микшерского пульта. *а* — печатный монтаж; *б* — расположение деталей на плате





дает ряд преимуществ и основное из них — удобство управления и возможность одной рукой изменять сопротивления сразу нескольких переменных резисторов, а это очень важно при работе от трех и более источников звукового напряжения одновременно. При изготовлении таких механизмов управления переменными резисторами нужно обратить серьезное внимание на качество исполнения деталей, их подгонки и сборки. В таких механизмах управления движения ручек должны быть плавными, без люфтов и заеданий, а леска должна быть обязательно плетеной, чтобы предотвратить ее вытягивание и возможное из-за этого смещение ручек.

На лицевой панели микшерского пульта около ручек управления обязательно должны быть нанесены метки, показывающие положение ручек. Без таких меток работа с микшерским пультом будет затруднена, так как эти метки служат указателями уровня сигнала от данного источника звукового напряжения и показывают, в каких пределах следует изменять положения ручек, чтобы получить требуемый уровень суммарного сигнала.

Рис. 25. Варианты расположения переменных резисторов в простых микшерских пультах. *1* — лицевая панель, *2* — переменный резистор; *3* — ручка, *4* — угольник

В качестве регуляторов уровня сигнала для простых микшерских пультов лучше всего использовать переменные резисторы типа СП3-4, применяемые в малогабаритной транзисторной аппаратуре. Если микшерский пульт имеет самостоятельный выключатель напряжения питания усилителя, то можно использовать резисторы типа СП3-4а. Когда самостоятельного выключателя напряжения питания нет, можно применить резисторы типа СП3-4в, которые имеют двухполюсный выключатель, рассчитанный на ток до 0,25 *а*. Кроме указанных можно также применить переменные резисторы типов СП-0,4, СПО-0,5 или, в крайнем случае, СП2-2. Правда, резисторы последнего типа изготовляют с сопротивлением только до 47 *ком*, но и этого иногда бывает достаточно. Все эти переменные резисторы выключателей напряжения питания не имеют. Для сложных стереофонических и универсальных микшерских пультов имеет смысл использовать специальные спаренные переменные резисторы типа СП3-7, которые допускают незначительное рассогласование между системами при любом угле поворота оси. При их отсутствии можно воспользоваться сдвоенными переменными резисторами типов СП-III, СПЕ-III или СП3-10а, но их предварительно нужно проверить и подобрать такие экземпляры, чтобы при любом угле поворота оси переменного резистора разница между системами по сопротивлению была бы не более 10%. В противном случае при регулировании уровня сигнала может появиться разбаланс между каналами по громкости, а это всегда воспринимается на слух как перемещение источника звукового напряжения. Если размеры простого микшерского пульта не имеют существенного значения, то можно исполь-

зовать одинарные переменные резисторы без выключателя напряжения питания типов СП-I и СП-I, а также с выключателем напряжения питания типов СПЗ-10 б и СПЗ-10 в. Последний переменный резистор — сдвоенный и имеет независимое вращение осей. Желательно использовать резисторы с показательным законом изменения сопротивления от угла поворота (группа В).

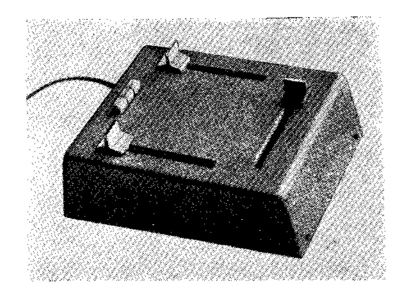


Рис. 26. Внешний вид универсального микшерского пульта

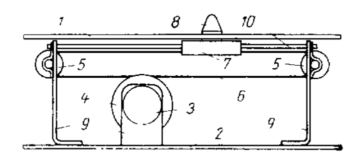


Рис. 27. Механизм вращения оси переменного резистора микшерского пульта
1 — лицевая панель; 2 — дно; 3 — переменный резистор; 4 — шкив; 5 — ролики; 6 — леска; 7 — сухарь; 8 — ручка; 9 — угольники; 10 — направляющие полозья

Особо следует отметить расположение и монтаж в микшерском пульте регулятора направления. Ручка управления этим переменным резистором должна быть выделена и расположена таким образом, чтобы ее нельзя было спутать с остальными ручками. Например, в микшерском пульте, показанном на рис. 26, ручки регуляторов уровня сигналов от основных источников звукового напряжения имеют направление движения от оператора, а ручка панорамного регулятора — справа налево. Кроме того, при использовании регулятора направления должно обеспечиваться изменение уровня сиг-

нала в обоих каналах таким образом, чтобы при увеличении уровня сигнала в одном из каналов в другом канале уровень сигнала уменьшался. Это достигается соединением систем спаренного переменного резистора (рис. 28).

При монтаже электрической схемы на плате с печатным монтажом желательно применять малогабаритные конденсаторы и резисторы. Электролитические конденсаторы лучше всего брать типа К50-6, так как они располагаются на плате вертикально и занимают мало места. При их отсутствии приходится использовать электролитические конденсаторы типов К50-3 или ЭМ. Если напряжение источника питания усилителя не превышает 9 *в*, то использовать следует электролитические конденсаторы с рабочим напряжением 10—15 *в*. При более высоком напряжении источника питания конденсаторы должны быть рассчитаны на рабочее напряжение 25—30 *в*. Конденсаторы емкостью до 0,5 *мкф* следует применять типов МБМ или БМ.

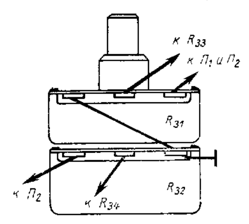


Рис. 28. Монтаж спаренного переменного резистора, работающего в универсальном микшерском пульте (рис. 22) в качестве регулятора направления.

Постоянные резисторы лучше использовать типов ВС-0,12 или МЛТ-0,25. Могут быть, конечно, применены и резисторы типов МТ-0,5 или МЛТ-0,5, но они имеют несколько большие размеры. При изготовлении простых микшерских пультов и монтаже усилителя на планках с лепестками могут быть использованы резисторы типа ВС-0,25.

Выше говорилось, что микшерский пульт должен быть тщательно экранирован не только потому, что работать приходится с малыми уровнями сигналов, но и для того, чтобы устранить влияние рук оператора при работе с микшерским пультом. Поэтому чаще всего корпус микшерского пульта делают металлическим. В этом случае регуляторы уровня сигнала можно установить непосредственно на корпусе микшерского пульта. Однако это целесообразно делать только в простых микшерских пультах. В сложных стереофонических или универсальных микшерских пультах желательно сделать самостоятельное шасси и на нем установить переменные резисторы и плату с монтажом и деталями усилителей. Это шасси может одновременно служить и дном корпуса микшерского пульта. Если же сам корпус будет неметаллический, то между лицевой панелью и деталями микшерского пульта должен быть установлен экран.

В качестве разъемов для подключения источников звукового напряжения к микшерскому пульту и микшерского пульта к магнитофону и к усилителю наиболее целесообразно использовать специальные многоштырьковые низкочастотные штепсельные соединители, применяемые в радиовещательной аппаратуре широкого применения. Именно такие соединители использованы в микшерском пульте, схема которого показана на рис. 22. Здесь применены две трехконтактные розетки типа СГ3 и три пятиконтактные розетки типа СГ5, причем одна из них (*Вых*) служит для подключения маг-

шерского пульта к магнитофону или усилителю, совместно с которыми он должен работать. Эту розетку можно заменить вмонтированным в микшерский пульт соединительным шнуром с соответствующими вилками или штекерами на конце. Следует отметить, что в случае использования низкочастотных штепсельных разъемов их гнезда или штырьки должны быть использованы для подключения различных источников звукового напряжения только определенным способом и для всех аппаратов одинаково. Чтобы удовлетворить

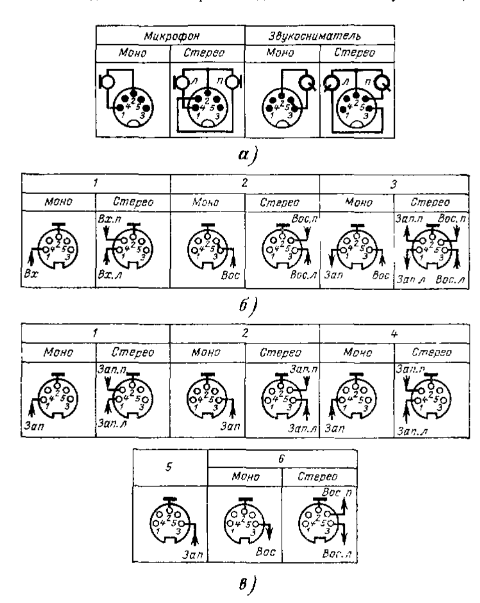


Рис. 29 Схемы распайки вилок и розеток штепсельных низкочастотных разъемов *а* — вилки микрофонов (вид со стороны штырьков); *б* — розетки (вид со стороны вставки), устанавливаемые в приемнике, радиоле, магнитоле, магниторадиоле, телевизоре и усилителе низкой частоты; *в* — розетки (вид со стороны вставки), устанавливаемые в магнитофоне; *1* — для подключения микрофона; *2* — для подключения только звукоснимателя; *3* — для подключения звукоснимателя и магнитофона. *4* — для подключения приемника, телевизора, радиолы и т. п.; *5* — для подключения радиотрансляционной линии; *6* — линейный выход для записи с магнитофона

этому требованию, распайку штепсельных соединителей нужно производить строго по схемам, показанным на рис 29.

В простых микшерских пультах можно использовать не только специальные низкочастотные штепсельные соединители, но и обычные гнезда для вилок и штекеров. Следует, однако, учитывать, что обычные гнезда занимают больше места и не всегда их можно рационально расположить в микшерском пульте, особенно если он малогабаритный. В остальном конструкции микшерских пультов ничем не отличаются от устройства обычных низкочастотных усилителей.

На рис. 26 видно, что микшерский пульт оформлен в виде симметричной конструкции. Но так делать не обязательно. Расположение органов управления микшерским пультом должно быть подчинено только одному — удобству в работе. Поэтому для сравнения на рис. 30 показан внешний вид еще одного микшерского пульта изготовленного для любителей магнитной записи звука, который имеет несимметричное расположение органов управления. Поэтому выбор внешнего оформления и варианта исполнения зависит от вкуса и возможностей его изготовителя.

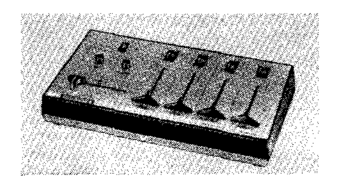


Рис. 30 Внешний вид промышленного микшерского пульта для любительской звукозаписи.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МИКШЕРСКИХ ПУЛЬТОВ

Итак микшерский пульт построен, проверена его работа и можно приступать к эксплуатации, т. е. производству комбинированных записей. Мы не оговорились, ибо здесь будут рассмотрены способы производства комбинированных записей звука на магнитофоне, так как эти случаи наиболее сложны. Использование микшерского пульта для воспроизведения различных программ через усилитель является лишь частным и наиболее простым случаем

Чтобы яснее представить себе возможности микшерского пульта и понять приемы работы с ним, рассмотрим несколько примеров изготовления различных комбинированных записей. Оговоримся сразу, что рассказывать все о многообразии комбинированных записей мы не сможем. А вот как правильно использовать возможности микшерского пульта мы покажем читателю на практических примерах и с помощью тех микшерских пультов, схемы которых приведены на

рис. 21 и 22. Но все сказанное будет в полной мере относиться и к другим микшерским пультам, построенным читателями по материалам этой брошюры.

Начнем с простого микшерского пульта, собранного по схеме рис. 21. Он рассчитан на два источника звукового напряжения: микрофон и звукосниматель (или магнитофон), но регулировать можно только уровень сигнала от звукоснимателя (или магнитофона). Это несколько ограничивает возможности при работе с ним и позволяет производить записи только с уровнями, условно показанными на графиках рис. 2, *а—г*. Более сложные программы можно создавать методом двойной или тройной перезаписи.

В качестве примера рассмотрим случай, когда требуется музыкальное произведение снабдить пояснительным текстом, причем пояснительный текст должен быть записан в середине музыкального произведения и в это время уровень громкости музыки следует понизить, чтобы обеспечить хорошую разборчивость речи. Аналогичную комбинированную запись делают и кинолюбители при озвучении видовых, хроникальных или документальных кинофильмов. Однако в этом случае основным является дикторский текст, накладываемый на музыкальное сопровождение, т. е. здесь музыка является фоном, но в перерывах между пояснительным текстом она может звучать с тем же уровнем, что и дикторский текст. Оба эти случая графически изображены на рис. 2, *г* и являются наиболее сложными для данного микшерского пульта, но изготовление такой комбинированной записи производится одним и тем же способом.

Подготовку к комбинированной записи начинают с подключения к гнезду $Вх_1$ микрофона и к гнезду $Вх_2$ звукоснимателя или магнитофона, а выходное гнездо *Вых* соединяют с входным гнездом магнитофона, рассчитанным на подключение к нему звукоснимателя или приемника и работающим в режиме записи звука. Затем, произнося перед микрофоном какой-либо текст, регулятором уровня записи магнитофона устанавливают по индикатору максимальный уровень записи. После этого включают звукосниматель (или магнитофон), находят два таких положения регулятора уровня сигнала микшерского пульта, при одном из которых (условно назовем его «положение 1») уровень записи получается таким же, что и с микрофона, а при другом («положение 2») — в 2—3 раза слабее, и замечают эти положения. Установив уровни громкости сигналов, производят пробную запись и на ее основе окончательно определяют требуемые уровни сигналов и отмечают нужные положения ручек регуляторов уровня сигнала магнитофона и микшерского пульта.

Для производства комбинированной записи, в которой музыкальное произведение сначала должно звучать громко, потом затихать и на его фоне с нормальной громкостью должен быть слышен дикторский текст, а по его окончании музыка опять должна звучать громко, поступают следующим образом. Комбинированную запись начинают с музыки, установив регулятор уровня сигнала микшерского пульта в положение *1*. Перед началом дикторского текста этот регулятор плавно переводят из положения *1* в положение *2* и только после этого начинают читать дикторский текст. По его окончании регулятор уровня сигнала микшерского пульта так же плавно возвращают из положения *2* в положение *1* и продолжают запись музыкального произведения. Если в течение записи нужно несколько раз прочитать дикторский текст на фоне музыки, то регулятор уровня сигнала микшерского пульта каждый раз переводят из пер-

вого положения во второе и обратно. Производя такую запись, следует учитывать, что микрофон все время включен и уровень его сигнала не регулируется. Поэтому во время записи в помещении должна соблюдаться тишина.

С помощью этого микшерского пульта можно, конечно, сделать и более простые комбинированные записи. Например, при озвучении хроникального кинофильма дикторский текст должен быть записан на фоне приглушенной музыки. Подобрав соответствующие музыкальные произведения и рассчитав их по времени демонстрации отдельных сюжетов, производят аналогичную комбинированную запись, но при этом ручку регулятора уровня сигнала микшерского пульта устанавливают в одно определенное положение и во время записи не трогают. Таким образом осуществляется запись, процесс которой графически показан на рис. 2, *б*.

Точно такие же монофонические или стереофонические комбинированные записи позволяет осуществлять и универсальный микшерский пульт, схема которого приведена на рис. 22. Но с его помощью можно производить и более сложные комбинированные записи с различными звуковыми эффектами. Оговоримся сразу, что для выполнения сложных записей нужно иметь несколько источников звукового напряжения. Этот микшерский пульт позволяет подключать к нему одновременно три различных источника сигнала, два из которых могут быть стереофоническими. Чтобы сделать такие записи, нужно иметь все три источника звукового напряжения. В противном случае придется прибегать к методу двойной или даже тройной перезаписи, а это усложнит производство комбинированной записи и потребует для ее изготовления больше времени.

А теперь давайте вернемся к началу нашей брошюры. Помните вопрос о Вашем дуэте с Эдуардом Хилем? Вам хочется иметь такую запись? Хорошо, давайте ее сделаем. Для этого надо выбрать понравившуюся Вам песню, которая, например, имеется в записи на монофонической граммофонной пластинке. Для производства такой комбинированной записи нужно к входному разъему $Вх_1$ (контакты *1—2*) подключить микрофон, к входному разъему $Вх_3$ — звукосниматель и к выходному разъему *Вых* — магнитофон, на котором будет производиться запись. Установив переменными резисторами микшерского пульта $R_{23}R_{24}$ и $R_{27}R_{28}$ нормальный и одинаковый уровень записи (по индикатору) от обоих источников звукового напряжения, включают магнитофон на запись и записывают свой голос через микрофон одновременно с голосом певца. Полученная таким образом комбинированная запись будет звучать довольно эффектно.

С помощью нашего пульта можно «превратить» монофоническую запись в стереофоническую, да еще с эффектом перемещения. И вот как это делается.

Вам, очевидно, известна песня-марш Соловьева-Седого «В путь», исполняемая Краснознаменным имени Александрова ансамблем песни и пляски Советской Армии. Если Вы помните, исполнение этой песни напоминает проход мимо слушателя поющей воинской части. Но в монофонической записи эффекта перемещения нет, а в стереофонической записи его можно сделать. Для этого к контактам *2—3* входного разъема $Вх_2$ подключают звукосниматель или магнитофон (в зависимости от того, какой оригинал песни имеется), а к выходному разъему *Вых* — стереофонический магнитофон, включенный на запись. После этого регулятор направления микшерского пульта — переменные резисторы $R_{31}R_{32}$ — переводят в одно из крайних поло-

жений и при пробной записи устанавливают регулятором уровня магнитофона максимальный (по индикатору) уровень записи по наиболее громкой части песни. Затем, решив, в каком направлении будет «двигаться» звук (справа налево или слева направо), устанавливают регулятор направления в соответствующее крайнее положение. При «движении» слева направо исходным будет такое положение ручки регулятора направления, когда движки переменных резисторов R_{31} R_{32} находятся в верхнем (по схеме рис. 22) положении: В этом случае сигнал от источника звукового напряжения будет записываться только в левом канале магнитофона, подключенном к контактам *2—3* выходного разъема *Вых*. В таком положении ручки регулятора направления и начинают запись. По мере увеличения громкости звучания песни ручку регулятора направления очень плавно переводят из одного крайнего положения в другое, следя за тем, чтобы в момент наибольшей громкости звучания песни ручка этого регулятора была в среднем положении, а по мере уменьшения громкости звучания — приближалась к другому (нижнему по схеме) крайнему положению, при котором сигнал от источника звукового напряжения будет записываться уже только в правом канале стереофонического магнитофона. Если прослушать сделанную таким образом запись, то у слушателя создастся впечатление «прохода» поющей воинской части слева направо, т. е. мы получим эффект перемещения источника звука.

Сделанная нами запись хотя и будет эффектной, но не будет естественной, так как характерный для такого перемещения звук — шаги — в записи отсутствует. Чтобы устранить и этот «недостаток», нужно сделать более сложную комбинированную запись и воспользоваться методом двойной перезаписи.

Сначала сделаем комбинированную монофоническую запись, где одновременно запишем песню и шаги, т. е. песню с шумовым сопровождением, взяв его из специальной граммофонной пластинки (граммофонные пластинки с записями шумовых эффектов продаются в магазинах). Необходимо лишь, чтобы ритм шагов совпадал с ритмом песни. Подключив источники звукового напряжения к соответствующим входным разъемам микшерского пульта (например, к разъемам $Вх_2$ и $Вх_3$), сделаем одновременную запись песни и шумового сопровождения, причем во время производства такой записи уровень громкости звучания шумового сопровождения нужно сначала сделать очень небольшим, затем увеличить его к середине песни до максимального уровня и потом опять снизить громкость к концу песни до первоначального уровня. Сделанную таким образом комбинированную монофоническую запись перепишем на стереофонический магнитофон тем же методом, каким мы переписали одну только песню Эффектность звучания такой комбинированной стереофонической записи слушатели оценят очень высоко.

Описанным способом можно создавать различные эффекты перемещения, не прибегая к специальной стереофонической записи одновременно от двух источников звукового напряжения. Можно, например, сделать записи пролетающего самолета, проезжающего автомобиля или игры в настольный теннис, когда удары шарика о стол слышны поочередно то справа, то слева. Конечно, рассмотренные примеры производства комбинированных записей с помощью микшерского пульта не исчерпывают его возможностей. Конечный успех той или иной комбинированной записи всегда зависит от оператора, его опыта и творческого подхода к каждой конкретной записи. Немаловажное значение здесь имеет и исходный материал. Чтобы запись получилась высококачественной, всегда нужно работать только с хорошими оригиналами (магнитофильмами или граммофонными пластинками). В этом залог Вашего успеха.

А тем, кто хочет пополнить свои знания в технике работы с магнитофоном и производстве разнообразных эффектов, советуем прочитать брошюры «Массовой радиобиблиотеки»:

Василевский Ю. А., Практика магнитной записи звука, вып 484;
Якубашек А. Х, Практика магнитной звукозаписи, вып. 435.

ОГЛАВЛЕНИЕ